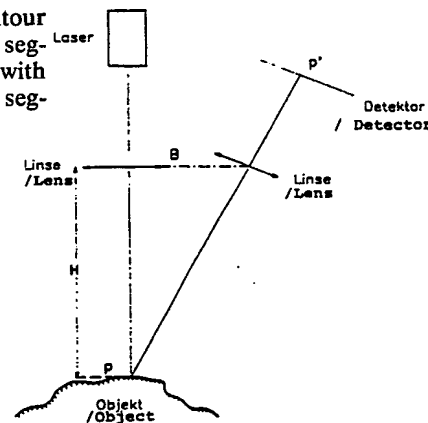


(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G01B 11/24, 11/02, 11/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/08949 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Mai 1992 (29.05.92)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP91/02181 (22) Internationales Anmeldedatum: 19. November 1991 (19.11.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 37 383.5 20. November 1990 (20.11.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MESA- CON GESELLSCHAFT FÜR MESSTECHNIK MBH [DE/DE]; Martin-Schmeißer-Weg 15, D-4600 Dortmund 50 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : WIENECKE, Siegfried [DE/DE]; Kleyer Weg 91d, D-4600 Dortmund 1 (DE). (74) Anwalt: WENZEL & KALKOFF; Postfach 2448, Flaßkuh- le 6, D-5810 Witten (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (euro- päisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (euro- päisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (euro- päisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (euro- päisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäi- sches Patent), LU (europäisches Patent), NL (europäi- sches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(54) Title: PROCESS FOR THE CONTINUOUS CONTACTLESS MEASUREMENT OF OUTLINES AND DEVICE FOR IMPLEMENTING THE MEASURING PROCESS (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM KONTINUIERLICHEN BERÜHRUNGSFREIEN MESSEN VON PROFILEN UND EINRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES MESSVERFAHRENS (57) Abstract <p>In a process for the continuous contactless measurement of outlines, especially those moving axially, where internal contours of an outline can be measured provided that they are accessible to a measuring beam and permit reflection to a receiver, probes, by which a surface segment of an object in a given measuring range of the probe concerned is continuously scanned sequentially or by points in succession and with variable and presettable steps or resolution within the measuring range, using the triangulation principle and a laser measuring beam with the distance of each measuring point from the probe being determined in the form of local measurement data by a beam reflected from the surface of the object and received by a fixed receiver on the basis of geometrical relations, are arranged in a holder around the outline at a distance therefrom and in such a predetermined mutual angular position that a contour segment of the outline is associated with the measuring range of each probe as a surface segment, with overlapping measuring ranges of adjacent probes and with system calibration with a reference workpiece with the same shape and size as the outline to transmit the contour segments to a global system of co-ordinates and to assemble them into an overall image.</p> <div data-bbox="1096 1501 1523 1921" data-label="Diagram">  </div>		

(57) Zusammenfassung Bei einem Verfahren zum kontinuierlichen berührungsfreien Messen von Profilen, insbesondere von sich in axialer Richtung bewegendenden Profilen, mit dem auch innere Konturen eines Profils, soweit diese für einen Meßstrahl erreichbar sind und eine Reflektion auf einen Empfänger zulassen, ausgemessen werden können, werden Sonden, mit denen nach dem Triangulationsprinzip mittels eines Laserlicht-Meßstrahls ein Oberflächensegment eines Objektes in einem bestimmten Meßbereich der jeweiligen Sonde sequentiell bzw. punktweise nacheinander sowie mit variabler und voreinstellbarer Schrittweite bzw. Auflösung innerhalb des Meßbereichs kontinuierlich abgetastet wird und mit dem von der Objektoberfläche reflektierten und von einem feststehenden Empfänger aufgenommenen Strahl aufgrund der geometrischen Beziehungen der Abstand jedes Meßpunktes zur Sonde in Form von lokalen Meßdaten bestimmt wird, in einer Halterung rings um das Profil sowie im Abstand von diesem und derart in vorbestimmten Winkellagen zueinander angeordnet werden, daß dem Meßbereich jeder Sonde als Oberflächensegment ein Konturensegment des Profils zugeordnet wird, und zwar mit überlappenden Meßbereichen benachbarter Sonden sowie mit einer Systemkalibrierung mit einem konturen- und maßgenauen Referenzwerkstück, zur Übertragung der Konturensegmente in ein globales Koordinatensystem und zum Zusammenfügen eines Gesamtbildes.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäß dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU+	Sowjet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TC	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

+ Die Bestimmung der "SU" hat Wirkung in der Russischen Föderation. Es ist noch nicht bekannt, ob solche Bestimmungen in anderen Staaten der ehemaligen Sowjetunion Wirkung haben.

- 1 -

Verfahren zum kontinuierlichen berührungsfreien Messen von Profilen und Einrichtung zur Durchführung des Meßverfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum kontinuierlichen berührungsfreien Messen von Profilen, insbesondere von sich in axialer Richtung bewegendenden Profilen, sowie eine Einrichtung zur Durchführung eines Meßverfahrens
05 für Profile.

Bei der Herstellung von gewalzten, gezogenen oder extrudierten Profilen beispielsweise aus Stahl, Aluminium oder Kunststoff ist es wichtig, Informationen über
10 die Kontur bzw. den Querschnitt des Profils möglichst noch während des Produktionsprozesses zu erhalten. Die Informationen werden zur Überwachung der Einhaltung der Toleranzen ebenso gebraucht wie für eine lückenlose Dokumentation der Fertigungsergebnisse. Dieser
15 Bedarf hat zur Entwicklung und Einführung von Verfahren und Einrichtungen zum kontinuierlichen Messen bzw. Vermessen von Profilen im On-Line-Betrieb geführt. Die Kontrolle und Vermessung der Profile hat unmittelbaren Einfluß auf die Fertigung, weil die Möglichkeit besteht,
20 auf etwaige unerwünschte Dimensions- oder Profilabweichungen rasch reagieren zu können.

Die bisher bekannten Verfahren und Einrichtungen zum Messen bzw. Vermessen von Profilen beruhen entweder
25 auf dem Abschattungsprinzip oder folgen dem Lichtschnittverfahren.

Bei dem Abschattungssystem durchquert das Profil einen Lichtvorhang parallel abgelenkter Lichtstrahlen insbesondere Laserlichtstrahlen. Die Zeit, die verstreicht,
30 während derer die Strahlen durch das Profil abgedeckt werden, wird gemessen. Dieser Wert spiegelt jedoch nur den äußeren Profilquerschnitt wider. Im Regelfall reicht es nicht aus, in einer Winkellage des Querschnitts
35 den Abstand der am weitesten entfernten Materialpunkte

zu vermessen. Rundmaterial kann z.B. durch Unrundheit in einer Richtung die Toleranzanforderungen erfüllen, um 90° dazu versetzt jedoch außerhalb des Toleranzbereichs liegen.

05

Es ist auch bekannt, durch Rotation oder Oszillation des Meßgerätes eine vollständige Rundumabtastung des Profils vorzunehmen. Hierbei ergeben sich jedoch Schwierigkeiten. Zum einen kann die Rotation oder Oszillation
10 nur mit begrenzter Frequenz durchgeführt werden. Bei einem bekannten System dieser Art liegt die Rotationsgeschwindigkeit beispielsweise zwischen 60 und 200 U/min. Zum anderen stellt dieses System hohe Anforderungen an die Meßgeräte sowie an die Zuführungssysteme für
15 Medien wie Wasser und Luft und schließlich an die Signal- und Spannungsquellen- bzw. Leitungssysteme.

Ein sehr wesentlicher Nachteil der Abschattungsmeßsysteme besteht darin, daß mit diesem Meßverfahren
20 kein konkaver Oberflächenverlauf detektiert werden kann. Ebenso können verdeckte Kanten, wie sie beim Winkel-, T- oder Doppel-T-Profil auftreten, mit diesem Meßverfahren nicht gemessen werden.

Bei dem Lichtschnittverfahren wird ein Laserstrahl entweder über eine Zylinderlinse aufgeweitet oder mittels eines Resonanzspiegels abgelenkt und erzeugt auf diese Weise ein Lichtband auf der Oberfläche. Die Beleuchtungsrichtung und Abbildungsrichtung bilden dabei ein festes
30 Winkelverhältnis. Deshalb gestattet das Lichtschnittverfahren ein Abstandsmeßverfahren, bei dem eine Vielzahl von Punkten gleichzeitig auf das zu vermessende Profil gebracht werden. Als Detektoren werden flächenhafte Empfänger eingesetzt. Die mit vertretbarem Aufwand
35 einsetzbaren CCD-Arrays besitzen jedoch nur eine geringe

- Pixelzahl von ca. 512 x 512 Punkten. Damit wird jedoch bei vorgegebener ausreichender Auflösung der zur Verfügung stehende Meßbereich eingeengt. Nachteilig ist ferner, daß aufwendige und zeitraubende Algorithmen
- 05 für die Auswertung der CCD-Arrays notwendig sind. Hierbei handelt es sich um spezielle Algorithmen für die Meßdaten-selektion oder um die Verwendung zweidimensionaler, statistischer Operationen.
- 10 Es besteht daher die Aufgabe, ein Verfahren zum Messen von Profilen zu schaffen, mit dem auch innere Konturen eines Profils, die für einen Meßstrahl erreichbar sind und eine Reflektion auf den Empfänger zulassen, ausgemessen werden können. Das Verfahren soll darüber hinaus
- 15 möglichst eine hohe Meßgeschwindigkeit und Meßgenauigkeit zulassen. Es soll den Einsatz von zuverlässigen Meßeinrichtungen erlauben, die relativ unempfindlich gegen äußere Einflüsse sind oder zumindest mit geringem Aufwand gegenüber störenden bzw. schädlichen Einflüssen unempfind-
- 20 lich zu machen bzw. zu schützen sind.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Sonden, mit denen nach dem Triangulationsprinzip mittels eines Laserlicht-Meßstrahls ein Oberflächen-
- 25 segment eines Objektes in einem bestimmten Meßbereich der jeweiligen Sonde sequentiell bzw. punktweise nacheinander sowie mit variabler und voreinstellbarer Schrittweite bzw. Auflösung innerhalb des Meßbereichs kontinuierlich abgetastet wird und mit dem von der Objektober-
- 30 fläche reflektierten und von einem feststehenden Empfänger aufgenommenen Strahl aufgrund der geometrischen Beziehungen der Abstand jedes Meßpunktes zur Sonde in Form lokaler Meßdaten bestimmt wird, in einer Halterung rings um das Profil sowie im Abstand von diesem und
- 35 derart in vorbestimmten Winkellagen zueinander angeordnet

werden, daß dem Meßbereich jeder Sonde als Oberflächensegment ein Konturensegment des Profils zugeordnet wird, wobei sich die Meßbereiche benachbarter Sonden überlappen und die zu messende Gesamtkontur des Profils durch die Meßbereiche erfaßt wird, und daß eine Systemkalibrierung mit einem konturen- und maßgenauen Referenzwerkstück durch Ermittlung der Sondenpositionen (drei Koordinaten, zwei Abstrahlwinkel) in einem Referenzkoordinatensystem vorgenommen wird und daß mit den Daten der Systemkalibrierung, den vorgegebenen Solldaten des Profils und den lokalen Meßdaten, die sich als Schnittpunkt des Meßstrahls mit dem Objekt ergeben, sowie mit einer Lageberechnung für das zu messende Profil und über Koordinatentransformationen die Konturensegmente in ein globales Koordinatensystem übertragen und zu einem Bild zusammengefügt werden.

Im Gegensatz zu dem bekannten Stand der Technik liegt der Erfindung folglich der Gedanke zugrunde, die Kontur eines Profils, das ohne weiteres auch in einem oder mehreren Bereichen einen konkaven Oberflächenverlauf haben oder auch wie die vorgenannten Winkel-, T- oder Doppel-T-Profile verdeckte Kanten haben kann, nacheinander punktweise so abzutasten, daß von jedem Meßpunkt eine genaue Abstandsinformation zu einer festen Bezugsebene in Form von Signalen bzw. in Form von lokalen Meßdaten erhalten wird, die sich in geeigneter Weise, wie noch dargestellt wird, weiterverarbeiten lassen, um den gewünschten Aufschluß über die Profilkontur zu gewinnen. Die erfindungsgemäße Anordnung von nach dem Triangulationsprinzip arbeitenden Sonden derart, daß sich die Meßbereiche benachbarter Sonden überlappen, ermöglicht eine Verknüpfung der von den Sonden erhaltenen lokalen Meßdaten zur Zusammenfügung und Darstellung der Gesamtkontur.

Das im Rahmen der Erfindung verwendete und für Oberflächenmessungen bereits bekannte Triangulationsverfahren wird im zweiten Teil der Beschreibung anhand von Abbildungen in seinen Grundzügen erläutert.

Zur Abgrenzung gegenüber dem Lichtschnittverfahren sei darauf hingewiesen, daß bei dem bekannten Lichtschnittverfahren keine sequentielle bzw. punktweise nacheinander vorgenommene Abstandsmessung erfolgt sondern statt dessen gleichzeitig praktisch eine Punktemenge in Form eines Lichtstrichs auf das Profil aufgebracht und die Reflektion detektiert wird, so daß für die Detektion notwendigerweise ein zweidimensionaler Empfänger benötigt wird. Abgesehen von den bereits erwähnten komplexen Algorithmen für die Auswertung der zweidimensionalen Bildinformation ist auch eine wesentlich längere Belichtungszeit für das Empfänger-Array nötig als z.B. für die positionsempfindliche Diode oder die CCD-Zeile wie bei der Erfindung. Der Unterschied liegt hier ungefähr bei einem Faktor 10 für die Belichtungszeit.

Nachstehend werden eine Reihe von Vorteilen erläutert, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht werden:

Zunächst sei noch einmal darauf hingewiesen, daß der Einsatz von Triangulationssonden ermöglicht, auch innenliegende, nämlich z.B. konkave Konturen in der Oberfläche des Profils, aber auch verdeckte Kanten wie bei Doppel-T-Trägern oder U-Profilen detektieren zu können.

Sehr wesentlich ist ein weiterer Vorteil, wonach der einstellbare Abtastbereich dem zu vermessenden Profil angepaßt werden kann, so daß für Profile mit unterschiedlichen Abmessungen keineswegs immer der vollständige

- Meßbereich der jeweiligen Meßeinrichtung durchlaufen werden muß. Hierdurch erreicht man eine Steuerung bzw. Beeinflussung der Abtastgeschwindigkeit. Des weiteren stehen in kurzen Zeitintervallen von beispielsweise
- 05 2 ms bei im Handel erhältlichen Sonden, bei denen diese Zeitintervalle durch die Positionierzeit des Spiegels und durch die Belichtungszeit des Empfängers bestimmt sind, Meßdaten für die Lageberechnung und für die Berechnung der spezifischen Profilgeometrie zur Verfügung.
- 10 Ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Positionierung jedes Lichtpunktes individuell gewählt bzw. über die Ansteuerung des die schrittweise Abtastung bewirkenden
- 15 Spiegelsystems vorgegeben werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, die Punktdichte in interessanten und kritischen Bereichen maximal zu wählen, also ein maximales Auflösungsvermögen zu erreichen, und in Bereichen mit untergeordneter Aussagekraft geringer einzustellen.
- 20 Das maximale Auflösungsvermögen richtet sich nach kleinsten einstellbaren Quantisierstufen des Spiegelscanners, die durch die kleinste Schrittweite bestimmt ist. Der gesamte Abtastbereich ist bei einer im Handel erhältlichen Sonde beispielsweise in 2048 Schritte aufgeteilt. Die
- 25 Positionierung läßt sich aber so einstellen, daß entweder jeder diskrete Winkelschritt angesteuert wird, also jeder nur mögliche Meßpunkt benutzt und dessen Abstand gemessen wird oder daß mit einer beliebig vorgewählten Schrittweite der der jeweiligen Sonde zugeordnete Meß-
- 30 bereich durchfahren bzw. das zugeordnete Konturensegment des Profils abgetastet wird oder daß die Schrittweite einem festlegbaren Anforderungsmuster folgend, das von der jeweiligen Bedeutung der einzelnen Bereiche, aus denen das Konturensegment zusammengesetzt ist,
- 35 ausgeht, individuell angepaßt wird. Durch diese Variation

der Auflösung bzw. der gezielten Punktdichte werden unnötige Punkte und damit unnötige Zeitverluste sowie überflüssige Meßdatenverarbeitungen vermieden.

- 05 Hieraus ergibt sich bereits ein ebenfalls sehr wesentlicher Vorteil, wonach nämlich durch die Variation der Auflösung höhere Meßgeschwindigkeiten bzw. Meßfrequenzen erzielt werden.
- 10 Der sehr wesentliche Vorteil einer vergleichsweise kürzeren Belichtungszeit ist bereits erwähnt worden. In Verbindung mit der Positionierzeit für die Spiegelauslenkung, die ca. 1 ms beträgt, kann bereits nach ca. 2 ms mit der Datenauswertung, nämlich der Datenselektierung
- 15 und mit der Koordinatentransformation begonnen werden, und es liegen zu diesem Zeitpunkt bereits erste Werte über die Kontur vor.

- Erfindungsgemäß wird jeder Sonde ein bestimmtes Konturen-
- 20 segment des Profils zugeordnet. Die Anordnung der Triangulationssonden um das zu vermessende Profil richtet sich nach den zulässigen Reflektionswinkeln, den Materialgeometrien und der Oberflächenbeschaffenheit des zu prüfenden Profils. Wie später aus einer entsprechenden
- 25 Darstellung hervorgeht, liegt z.B. der zulässige Reflektionswinkel bei dem Vermessen eines Rundprofils je nach Materialbeschaffenheit bei maximal etwa 45°.

- Die bei den einzelnen Sonden anfallenden lokalen Meß-
- 30 daten, also die Abstandswerte, werden über Koordinatentransformationen und spezielle Algorithmen für die Lageberechnung in das Referenzkoordinatensystem transformiert und so zu einem Gesamtbild zusammengefügt.

- 35 Als weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens

ist die Möglichkeit der einfachen Auswertung der CCD-Zeileninformation zu nennen. Die Adresse des belichteten CCD-Pixels gibt den Abstandswert wieder. Diesem Zählerstand wird dabei ein binärer Zahlenwert zugeordnet,
05 der mit dem Auflösungsfaktor multipliziert einen Abstandswert in Polarkoordinaten angibt. Um den tatsächlichen Abstand des Konturensegments zur Sondenbezugs-
kante zu erhalten, muß dieser Abstandswert des Bildsensors von Polarkoordinaten in kartesische Koordinaten trans-
10 formiert werden. Diese Transformation geschieht nach folgender Umrechnungsformel:

$$\begin{aligned}x_u &= l \times \sin \alpha \\z_u &= l \times \cos \alpha\end{aligned}$$

15

Dabei ist l der Basisabstand, und der Winkel α entspricht der Winkelauslenkung des Spiegelantriebssystems. Diese lokalen Meßdaten werden anschließend mit Hilfe der
20 Rekonstruktions- und Lagebestimmungsprogramme in das Referenzkoordinatensystem transformiert.

Die Meßstrahlen der Sonden müssen nicht notwendigerweise in einer gemeinsamen Meße-
ebene quer zu dem zu messenden
25 Profil liegen. Eine erfindungsgemäße Weiterbildung des Verfahrens besteht vielmehr darin, daß die Meßstrahlen der Sonden in in Achsrichtung des Profils parallel versetzten Ebenen auf das Profil gerichtet und reflektiert werden. Dabei befinden sich die Ebenen, in denen die
30 Meßstrahlen liegen, in festem Abstand zueinander. Das Messen in verschiedenen Ebenen schließt eine gegenseitige Beeinflussung der Meßergebnisse vor allem benachbarter Sonden, die einen Überlappungsbereich aufweisen, aus.

35

Insbesondere für Rundprofile und andere Profile mit relativ gleichmäßigem Konturenverlauf längs des Umfangs ist es vorteilhaft, wenn die Sonden mit gleichem Winkelabstand symmetrisch um das Profil angeordnet werden.

05

Wenn das Profil zum Ausweichen aus dem Meßfeld neigt, ist es zweckmäßig, daß das Profil insbesondere vor, ggfs. aber auch hinter der Meßebeine zwangsgeführt wird. Bei Profilen mit relativ starken Seitwärtsbewegungen

10 im Bereich des Meßfeldes kann zwar auch Abhilfe geschaffen werden durch eine entsprechende Meßfeldvergrößerung, aber mit dieser Maßnahme sind entsprechend höhere Kosten verbunden, so daß eine Zwangsführung ein wesentlich einfacheres Mittel darstellt.

15

Für die Auswertung und Verknüpfung der lokalen Meßdaten ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Auswertung der lokalen Meßdaten mit einer Hardware, die Link-Adapter, Transputereinheiten und eine Transputer-Graphik umfaßt, 20 in Parallelrechentechnik erfolgt, wobei die verwendeten Softwaremodule eine Profilbeschreibungsdatei, ein Referenzlagemodul sowie Kalibriermodule und Scannerdaten umfassen.

25 Einen sehr wesentlichen Teil der Erfindung bildet eine Einrichtung zum Messen von Profilen, die sich insbesondere zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens eignet. Erfindungsgemäß sind hierfür in einer Meßeinrichtung mehrere Sonden sternförmig sowie mit vorgewählter Winkel- 30 lage zueinander um eine Meßkammer angeordnet, und ihre Meßstrahlen sind im wesentlichen nach innen auf die Meßkammer richtbar, durch die das zu messende Profil axial hindurchbewegbar ist. Die Anzahl der anzuordnenden Sonden richtet sich danach, in wieviel Konturen- 35 segmente die Gesamtkontur des zu messenden Profils

aufgeteilt werden muß. Die Meßstrahlen der sternförmig angeordneten Sonden werden radial nach innen auf das zu messende Profil gerichtet, das für die Messung durch die Meßkammer axial hindurchbewegt wird.

05

Zweckmäßig wird jede Sonde einem eigenen Sondenträger zugeordnet. An diesem ist sie derart einstellbar zu befestigen, daß der Meßstrahl sowie der reflektierte Strahl die Gewinnung der notwendigen lokalen Meßdaten von dem der Sonde zugeordneten Konturensegment des Profils zuläßt. Jeder Sondenträger wird an der innenliegenden Meßkammer befestigt.

15 Eine Weiterbildung der Erfindung ist gekennzeichnet durch abnehmbare Hauben, die mit bzw. an den Sondenträgern im wesentlichen geschlossene Sondenkammern bilden. Die Sondenkammern bieten Schutz für die Sonden gegen Beschädigung, sie geben aber auch die Möglichkeit zur Klimatisierung der Umgebungsatmosphäre der Sonden.
20 Die Hauben sind, ggfs. in geteilter Ausführung, abnehmbar, um einen leichten Zugang zu den Sonden zu erhalten.

Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, daß die Meßkammer gegenüber den Sondenträgern durch eine ringsum
25 laufende Wandung mit Meßfenstern abgeteilt ist. Die Meßfenster gewährleisten den notwendigen Schutz der Sonden gegen thermische und mechanische Beanspruchungen sowie gegen Verschmutzung aus dem Bereich der Meßkammer. Darüber hinaus gewährleisten die Meßfenster
30 bei sonst ringsum geschlossener Sondenkammer den freien Durchtritt für den Strahlengang.

Die Meßkammer ist erfindungsgemäß zur Bildung eines Ringkanals zum Hindurchführen strömungsfähiger Medien
35 wie insbesondere Kühlwasser doppelwandig ausgeführt.

Auch diese Maßnahme dient zum Schutz der Sonden durch Konstanthaltung der Temperatur im Wandungsbereich.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß unterhalb bzw.
05 neben der Meßkammer zwischen zwei Sondenträgern eine
Wasserkammer mit Anschlüssen angeordnet ist, von der
aus dem Ringkanal der Meßkammer Kühlwasser im Kreis-
lauf zugeführt wird. Diese Anordnung läßt eine Integra-
tion der für den Kühlwasserkreislauf notwendigen Bau-
10 und Anschlußteile in die Gesamteinrichtung zu.

Entweder statt des vorgenannten Kühlsystems in einem
Ringkanal, der durch doppelwandige Ausbildung der Meß-
kammer gebildet ist, oder aber als Zusatzmaßnahme ist
15 erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen, daß ein Ring-
einsatz, der aus zwei im Meßbereich durch außerhalb
der Meßstrahlen verlaufende Verbindungsrohre mitein-
ander verbundenen Ringkammern zur Hindurchführung strö-
mungsfähiger Medien wie Kühlwasser gebildet ist, im
20 wesentlichen coaxial in die Meßkammer einführbar und
dort befestigbar sowie mit Anschlüssen für die Zu-
und Abführung eines Strömungsmediums wie Kühlwasser
versehen ist. Zur Freihaltung des eigentlichen Meßbe-
reichs der Meßkammer ist der Ringeinsatz folglich vor-
25 zugsweise mittig unterbrochen bzw. in zwei Ringkammern
unterteilt, die über außerhalb der Meß- und Reflektions-
strahlen liegende Verbindungsrohre miteinander verbunden
sind.

30 Schließlich ist erfindungsgemäß auch vorgesehen, daß
die Sondenkammern an ein Belüftungssystem zur Klimati-
sierung bzw. Konstanthaltung der Umgebungstemperatur
der Sonden anschließbar sind, mit welchem Belüftungs-
system den Sondenkammern klimatisierte bzw. in vorge-
35 gebener Weise temperierte Luft zugeführt werden kann.

Für dieses Belüftungssystem ist erfindungsgemäß ein Gehäuse an die Einrichtung ansetzbar, das mit der die Meßkammer auf einer Stirnseite abschließenden bzw.
05 umgebenden Stirnwand einen ringförmigen Luftkanal bildet, der über Einlaßöffnungen mit den Sondenkammern verbunden ist.

Vorteilhafterweise ist auf der dem Belüftungssystem
10 abgewandten Seite der Einrichtung eine Abdeckung befestigbar, in die beispielsweise auch eine Zwangsführung für das Profil einsetzbar ist.

Für den Gesamtaufbau der Einrichtung ist erfindungsgemäß
15 vorgesehen, daß die sternförmige Anordnung der Sonden-träger aus zwei im Abstand voneinander angeordneten und im wesentlichen einen nabenförmigen Mittelteil und hiervon sternförmig ausgehende Arme umfassenden Platten gebildet ist, die mindestens mittig durch axiale
20 Stege bzw. durch die Meßkammerwände zu einer starren Konstruktion miteinander verbunden sind. Dieser Aufbau der Meßeinrichtung geht im einzelnen aus den nachfolgenden Erläuterungen der Zeichnungen hervor.

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Soweit das erfindungsgemäße Verfahren betroffen ist, wird ein Ausführungsbeispiel hierfür ebenfalls anhand der Darstellungen in der Zeichnung beschrieben.

30

In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine Skizze zur Veranschaulichung des Triangula-
tionsprinzips, das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren
35 verwendet wird;

Figur 2 eine schematische Darstellung des Prinzips der Arbeitsweise der im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Sonden;

05

Figur 3 eine schematische Darstellung einer prinzipiellen Anordnung von fünf Sonden zur Messung eines Rundprofils;

Figur 4 eine Darstellung des Meßbereichs bzw. des Meßfeldes einer Sonde und der geometrischen Beziehungen am Beispiel eines Rundprofils;

10

Figur 5 eine schematische Darstellung von fünf Sonden zur Messung von zwei verschiedenen Rundprofilen;

15

Figur 6 eine rein schematische Darstellung der drei bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Einheiten Mechanik, Hardware, Softwaremodule;

Figur 7 eine schematische Darstellung des Prinzips einer Netzwerktopologie als Blockschaltbild;

20

Figur 8 eine ebenfalls schematische Darstellung der im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Softwaremodule für die Profilvermessung als Blockschaltbild;

25

Figur 9 eine schematische Darstellung einer Meßeinrichtung in Vorderansicht mit einer Anordnung aus fünf Sonden ähnlich wie in Figur 3 und 5;

30

Figur 10 eine Vorderansicht der Meßeinrichtung, ähnlich wie in Figur 9, jedoch zur Darstellung von Einzelheiten, teilweise im Schnitt;

35

Figur 11 eine Rückansicht der Meßeinrichtung von Figur 10;

05 Figur 12 eine Draufsicht der Meßeinrichtung nach Figur 10, 11;

Figur 13 eine Seitenansicht der Meßeinrichtung von Figur 10 bis 12 als Vertikalschnitt;

10 Figur 14 eine Darstellung eines in die Meßeinrichtung integrierbaren Ringeinsatzes als Längsschnittdarstellung;

15 Figur 15 eine Schnittdarstellung des Ringeinsatzes von Figur 14 entlang der Schnittlinie A-A von Figur 14;

Figur 16 eine weitere Querschnittsansicht des Ringeinsatzes von Figur 14, 15;

20 Figur 17 eine Vorderansicht einer an die Meßeinrichtung anschließbaren Abdeckhaube;

25 Figur 18 eine Draufsicht der Abdeckhaube von Figur 17;

Figur 19 eine Seitenansicht der Abdeckhaube von Figur 17 und 18, teilweise als Längsschnittdarstellung;

30 Figur 20 eine Vorderansicht eines an die Meßeinrichtung ansetzbaren Gehäuses zur Belüftung der Sondenkammern;

35 Figur 21 eine Seitenansicht des Gehäuses von Figur 20 als Vertikalschnitt entlang der Linie A-A von Figur 20;

Figur 22 eine weitere Darstellung des Gehäuses von Figur 20 im Schnitt entlang der Linie B-B von Figur 20;

- 05 Figur 23 ebenfalls eine Darstellung des Gehäuses von Figur 20 entlang der Schnittlinie C-C von Figur 20.

In Figur 1 ist rein schematisch die bei Anwendung des Triangulationsverfahrens benutzte Anordnung aus Laser,
10 Linse, Objekt sowie Detektor mit vorgeschalteter Linse dargestellt. Ein Lichtstrahl markiert auf dem Objekt, das bei der Profilmessung einem Konturensegment entspricht, einen Punkt P, der durch die Empfangsoptik auf einen Detektor, beispielsweise eine positionsempfindliche Diode oder eine CCD-Zeile, abgebildet wird.
15 Der Vorteil bei Verwendung von CCD-Zeilen ist der absolut feste Maßstab, da der Pixel-Abstand fest vorgegeben ist. Auflösung und Genauigkeit sind hierdurch bestimmt und betragen ± 1 Pixel. Durch die Neigung der Abbildungsrichtung gegenüber der Beleuchtungsrichtung wird erreicht, daß sich der Abstand H des Abtastpunktes in eine definierte Punktbildposition auf dem Detektor umsetzt. Aus der Schwerpunktposition des Lichtflecks auf der Empfängereinheit und den geometrischen Daten
20 der Anordnung errechnet sich damit der Abstand H. Durch die spezielle Anordnung, wie sie in Figur 1 verdeutlicht ist, wird die Scheimpflugbedingung zur Tiefenschärfenerweiterung erfüllt.

30 Für die zweidimensionale Abtastung, wie sie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Verwendung findet, wird gemäß Figur 2 der von der Sonde bzw. von dem Laser kommende Strahl durch gesteuertes Umlenken über das Objekt bzw. über das Konturensegment des Profils geführt. Die Umlenkung des Lichtstrahls erfolgt über steuer-

35

bare Spiegel (Galvanometerscanner), wie in Figur 2 schematisch dargestellt ist, oder mit Hilfe von akustooptischen Modulatoren. Mit Einsatz z.B. eines Galvanometerscanners ist es möglich, den Lichtpunkt gezielt auf spezifische Oberflächenpunkte zu positionieren. Die steuerbaren Spiegel sind, fest gekoppelt, in den Beleuchtungs- und den Abbildungsstrahlengang eingebracht. Mit der im Prinzip dargestellten optischen Anordnung läßt sich eine sequentielle Abtastung der Profil- bzw. Objektkontur in einem bestimmten Segment durchführen, wie bereits vorhergehend im einzelnen erläutert worden ist.

In Figur 3 ist eine prinzipielle Anordnung von 5 Triangulationsscannern bzw. Sonden S1, S2, S3, S4 und S5 dargestellt, die in einem 72°-Raster um ein zu messendes Profil RP angeordnet sind. Jede der Sonden weist einen Meßbereich auf, der für die Sonden S1 bzw. S2 jeweils eingezeichnet und mit MB1 bzw. MB2 bezeichnet ist. Die Sonden S1 und S2 sind gegenüber dem Rundprofil RP so positioniert, daß sie bestimmte Oberflächen- bzw. Konturensegmente abtasten, die innerhalb des Bereichs MB1 bzw. MB2 liegen. Die beiden Meßbereiche MB1 und MB2 zeigen eine breite Überlappung, die Voraussetzung für die Auswertung der lokalen Meßdaten zum Zusammenfügen des Gesamtbildes der Kontur des Profils erforderlich ist. Der jeweils wirksame Meßbereich der beiden Meßbereiche MB1 und MB2 ist wegen der Notwendigkeit der Überlappung etwas kleiner als der an sich zur Verfügung stehende Meßbereich jeder einzelnen Sonde S1 bzw. S2.

In Figur 4 sind die geometrischen Beziehungen gezeigt, die sich zwischen dem Meßstrahl MS einer nicht dargestellten Sonde und der zu messenden Oberfläche des Rundprofils RP ergeben. Das der Sonde bzw. dem Meßstrahl MS zugeord-

nete Konturensegment des Rundprofils RP liegt im Meßbereich MB. Das eingezeichnete Rundprofil RP soll einen angenommenen Durchmesser von 30 mm haben. Der Meßstrahl MS trifft für einen Reflektionswinkel von + 45° auf
 05 das Konturensegment auf. Der Reflektionswinkel wird zwischen der eingezeichneten Tangente an den Kreis bzw. die Segmentkontur im Auftreffpunkt und dem Meßstrahl MS genommen. Der Winkel γ berechnet sich zu:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin (90^\circ + \beta)} = \frac{r}{l}$$

$$\alpha = \arcsin \cdot \frac{(r \cdot \sin 135^\circ)}{l}$$

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - (90^\circ + \beta)$$

$$\underline{\gamma = 41,2^\circ} \quad \text{für } \begin{array}{l} r = 15 \text{ mm} \\ l = 160 \text{ mm} \end{array}$$

--

Damit wird durch eine Sonde ein Konturensegment von 82,4° von der Gesamtkontur des Rundprofils RP abgedeckt.

Aus der Darstellung in Figur 5 geht hervor, wie mit
 25 einer Anordnung aus 5 äquiangular angeordneten (aber nicht dargestellten) Sonden mit entsprechenden Meßstrahlen MS1, MS2, MS3, MS4 und MS5 ein Gesamtmeßbereich MBG, der sich aus den nicht dargestellten Einzelmeßbereichen mit entsprechender Überlappung ergibt, gebildet wird.
 30 In diesem Meßbereich MBG können beispielsweise Rundprofile verschiedener Durchmesser gemessen werden. Wenn statt des größeren Rundprofils RPG das kleinere Rundprofil RPK, nämlich mit entsprechend kleinerem Durchmesser versehen, gemessen wird, ergibt sich nach dem erfindungsge-
 35 mäßen Verfahren automatisch eine höhere Meßfrequenz,

weil die Meßstrahlen der einzelnen Sonden das Profil nicht weiter abzutasten suchen, wenn keine Reflektion erfolgt.

- 05 Aus Figur 6 ergibt sich das Gesamtsystem, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist. Der erste Block zeigt als "Mechanik" die Anzahl der verwendeten Sonden. Der "Hardware"-Block umfaßt die Link-Adapter, die die Verbindung zum Transputersystem, dem eigentlichen
- 10 Transputerboard, herstellen sowie die Transputer-Grafik. Dahinter folgt lediglich zur Veranschaulichung der Block für die "Softwaremodule".

- In einem typischen Anwendungsbeispiel mit einem Auflösungs-
- 15 vermögen des Systems von 2/100 mm, einem Meßbereich von 40 x 40 mm und bei einer Meßfrequenz von 0,5 s ergibt sich eine Datenrate von 4000 Wertepaaren pro Sekunde und pro Scanner bzw. Sonde. Damit bietet sich die Parallelrechentechnik für die Datenaufnahme und
- 20 Verarbeitung an. Des weiteren können Parameter, die aus der Lageberechnung und den Koordinatentransformationen gewonnen werden, an die benachbarten Sektionen, bzw. Transputer, weitergereicht werden. Eine mögliche Hardware-Topologie mit Vorverarbeitungsstufen, Über-
- 25 lappungsstufe und Masterstufe zeigt Figur 7. Die Aufgaben der Koordinatentransformation, der Berechnung der Überlappungsdaten und Ausgleichsberechnungen sowie die Ermittlung der einzelnen Konturzüge und Vergleich mit dem Sollprofil wird auf die einzelnen Stufen verteilt.
- 30 Da die Datenübertragungen in einem Transputer unabhängig von der CPU ablaufen, können die Arbeitsschritte Datenaufnahme, Datenbearbeitung und Datenweiterleitung zur gleichen Zeit ablaufen.

- 35 Bei der Profilmessung wird der Profilflächenschwerpunkt

ermittelt, um die Kontur in einer festen Referenzlage in das globale Koordinatensystem einzuzeichnen. Die statistischen Funktionen, die ebenfalls mit der Parallelrechentechnik durchgeführt werden, dienen zum einen
05 für gewisse Ausgleichs- und Regressionsrechnungen und zum anderen der genauen Dokumentation der zu vermessenden Profile.

Einen besonderen Vorteil bietet die Möglichkeit, die
10 Hardware äußerst modular aufzubauen. Die Anzahl der zu verwendenden Transputer richtet sich beispielsweise nach den oben aufgeführten Aufgaben, der grafischen Darstellung und der Anzahl der Scanner bzw. Sonden. Ein Richtwert für die Anzahl der benötigten Transputer
15 lautet:

$$\text{Anzahl der Transputer} = 6 + 2 * \text{Anzahl Sonden}$$

In der als Blockschaltbild in Figur 7 dargestellten
20 möglichen Netzwerktopologie werden mehrere Verarbeitungsstufen unterschieden. Die Meßwerte werden von den Scannern bzw. Sonden geliefert, werden über Link-Adaptoren umgesetzt und zu dem jeweiligen zugehörigen Transputer der Verarbeitungsstufe A übertragen. Die Transputer der
25 Stufe A übernehmen die Aufgabe der Ausblendung der Meßwerte links und rechts vom Objekt, d.h. der Meßwerte die nicht von dem zu vermessenden Profil reflektiert werden und die Transformationen der lokalen Koordinaten in das Referenzsystem wie die Datenweiterleitung an
30 die Transputer der Stufe Ü.

Die Arbeitsstufe Ü (Überlappung) übernimmt die Bestimmung und den Ausgleich des Überlappungsbereichs. Sollten die Abweichungen von den jeweiligen benachbarten Scannern
35 bzw. Sonden zu groß sein, wird eine Meldung generiert,

die eine Neukalibrierung des Systems einleitet. Jeder Transputer der Stufe Ü erhält einen bestimmten Profillbereich, eine Profillinie, die zusammengesetzt genau das Profil wiedergeben.

05

Weitere Aufgaben sind die Übertragung der Teilparameter an die Verarbeitungsstufe M und die Übertragung des Linienzuges zur Weitergabe an die Darstellungsstufe.

- 10 Die Verarbeitungsstufe M berechnet aus den Teilparametern der einzelnen Linienzüge bestimmte charakteristische Größen, mit deren Hilfe das Profil positioniert und ausgerichtet werden kann. Stimmen Position und Ausrichtung nicht mit der des Sollprofils überein, so werden Korrekturparameter an die Stufe A abgegeben, d.h. die Koordinatentransformation wird durch einen Regelkreis so bearbeitet, daß das Objekt in Lage und Position mit dem Sollprofil übereinstimmt.
- 15
- 20 Die Transputer der Stufe M übernehmen auch die Ablaufsteuerung. Zur Darstellung des Profils und seiner Abweichungen wird eine Transputergrafikkarte mit einem hoch auflösenden Bildschirm z.B. 1024 x 768 Pixel eingesetzt. Zur Bedienung, Protokollierung und Abspeicherung
- 25 von charakteristischen Daten dient ein PC. Aufgabe des PC's ist auch die Erfassung des Sollprofils, die Verwaltung der Sollprofile sowie die Übergabe des Sollprofils und der Sollparameter an das Transputernetzwerk.
- 30 Mit Bezug auf das Blockschaltbild nach Figur 8 für die Software-Module für die Profilvermessung ist anzumerken, daß zunächst ein Kalibrierprogramm notwendig ist. Dieses Programm errechnet mit Hilfe eines Referenzwerkstückes die exakte Position der Sonden im globalen
- 35 Koordinatensystem. Das Referenzwerkstück besitzt genau

gefertigte Abmessungen. Mit den bekannten Abmessungen des Werkstücks und den aufgenommenen Meßdaten werden die kartesischen Koordinaten der Sonden und die Abstrahlrichtungen ermittelt.

05

Ein weiteres Programm ist das Referenzlagemodul. Dieses Modul ermittelt in Abhängigkeit von den Sondenkoordinaten, den lokalen Meßdaten der einzelnen Sonden und den Angaben für das Sollprofil das Istprofil. Unter Berücksichtigung von möglichen Materialbewegungen wird die Lage des Profils im globalen Koordinatensystem und werden die spezifischen Profilabmessungen berechnet.

10

Des weiteren existiert eine Profilbeschreibungsdatei, in der die Daten für die Sollprofile angegeben werden.

15

Ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung, allgemein mit 1 bezeichnet, ist der Darstellung von Figur 9 zu entnehmen, zu der weitere Einzelheiten vor allem aus den Figuren 10 bis 13 zu entnehmen sind. Aus der Gesamtdarstellung in Figur 9 ist ersichtlich, daß fünf Sondenträger 2 mit gleichem Winkelabstand sternförmig zur Aufnahme jeweils einer Sonde 3 zur Messung eines Rundprofils 4 in einer Meßkammer 5 angeordnet sind. Durch Fenster 6 zwischen den Sondenträgern 2 und der Meßkammer 5 haben die mit 7 bezeichneten Meßstrahlen der Sonden 3 Zugang zu der Kontur des zu vermessenden Rundprofils 4. Der Sondenträgerstern ist in ein Gehäuse 9 integriert, das auf einer Grundplatte 8 ruht.

20

25

30

Die Anordnung ist so ausgelegt, daß sich ein ausreichender Überlappungsbereich der einzelnen Sonden-Abtastbereiche ergibt. Der Überlappungsbereich ergibt sich aus den maximal zulässigen Reflektionswinkeln.

35

- 22 -

Die Sonden 3 sind in dem gewählten Ausführungsbeispiel so angeordnet, daß sie mit ihrem zulässigen Scannbereich ein Meßfeld der Größe 40 x 40 mm aufspannen. Die verwendeten Triangulationssonden 3 besitzen jeweils für sich einen Meßbereich von 70 mm und einen Tiefenmeßbereich von 30 mm. Die schnellste Abtastzeit, die sich aus der Positionierung und der Belichtung der CCD-Zeile ergibt, beträgt 2 ms.

10

Aus Figur 10 ergibt sich, daß das Gehäuse 9 eine allgemein mit 12 bezeichnete Wasserkammer abschließt, die in zwei Hälften 13, 14 durch eine Trennwand 15 unterteilt ist. Die Meßkammer 5 ist, wie im einzelnen Figur 10 zu entnehmen ist, zur Bildung eines Ringkanals 11 doppelwandig ausgeführt. Der Ringkanal dient zum Hindurchführen von Kühlmitteln wie insbesondere von Kühlwasser und weist die aus der Zeichnung ersichtliche Verbindung zu den Wasserkammerhälften 13, 14 auf. Das in die erste Wasserkammerhälfte 13 einströmende Kühlwasser wird im Kreislauf, wie durch eingezeichnete Pfeile veranschaulicht ist, durch den Ringkanal 11 hindurch und schließlich in die zweite Wasserkammerhälfte 14 zurückgeführt, um von dort wieder aufbereitet der ersten Wasserkammerhälfte 13 zugeführt zu werden. Auf diese Weise wird die Meßkammer 5 wirksam gekühlt bzw. temperiert.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die sternförmige Sondenträgeranordnung gebildet aus zwei im Abstand voneinander angeordneten Platten 20, 21, von denen die Sondenträger 2 als Arme ausgehen, während im gemeinsamen Innenbereich die Meßkammer 5 angeordnet ist. Wie insbesondere Figur 12 erkennen läßt, sind die beiden Platten 20, 21 durch die Wände der Meßkammer 5 starr

- 23 -

miteinander verbunden. Die Sondenträger 2 bestehen somit aus zwei in entsprechendem Abstand einander gegenüberliegenden Armen der Platten 20, 21 (vgl. Figur 12, 13). Diese Wände des Sondenträgers 2 bilden jeweils
05 mit einer Haube 22 eine geschlossene Sondenkammer, wobei jede Haube 22 aus zwei Gehäusehälften besteht, wie Figur 10 zeigt.

In der teilweise geschnittenen Seitenansicht von Figur
10 13 ist rein schematisch eine der Sonden 3 angedeutet, die an dem Sondenträger 2, gebildet durch den betreffenden Arm der Platte 20, angeschraubt wird.

Figur 14, 15 und 16 zeigen einen Ringeinsatz 24, der
15 doppelwandig ausgeführt ist und ebenfalls zur Kühlung der Meßkammer 5 dient. Der Ringeinsatz 24 besteht aus zwei Ringkammern 25, 26, die über Verbindungsrohre, im vorliegenden Fall drei Verbindungsrohre 27 verbunden sind. Durch ein Einlaßrohr 28 wird der Ringkammer 25
20 Kühlwasser zugeführt, aus der es über einen Auslaß 29 (Figur 15) wieder austritt. Der Ringeinsatz 24 wird in die Meßkammer 5 eingeschoben und über Gewindestangen 30 (Figur 13) positioniert und befestigt.

25 Figur 17 - 19 zeigen eine ebenfalls mittels der Gewindestangen 30 an das Gehäuse 9 der Meßeinrichtung anschließbare Abdeckhaube 31, die für den Durchgang der Gewindestangen 30 entsprechende Bohrungen 32 aufweist. Über einen Einlaß 33 (vgl. Figur 17) wird Kühlluft zugeführt
30 und unter der Abdeckhaube 31 zu der Meßkammer 5 geleitet. Mit 34 ist eine mögliche Zwangsführung für das zu messende Profil bezeichnet. Auf jeden Fall befindet sich hier die Öffnung für die Zuführung des in der Meßkammer 5 zu vermessenden Profils.

35

Figur 20, 21, 22, 23 zeigt ein Gehäuse 35 eines Belüftungssystems, mit dem den Sondenkammern über Öffnungen 36 (vgl. Figur 11) klimatisierte bzw. in vorgegebener Weise temperierte Luft zugeführt werden kann. Die Zuführung erfolgt über den Einlaß 37, von dort steigt die Kühlluft in dem zwischen der Platte 21 und dem Gehäuse 35 gebildeten Kanal nach oben, um von dort über die Öffnungen 36 in die Sondenkammern überzutreten. Die Öffnungen 38 dienen zum Hindurchführen von nicht dargestellten Befestigungsschrauben, die in entsprechende Gewindebohrungen 39 im sog. Nabenbereich der Platte 21 einschraubbar sind (vgl. Figur 11).

05

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum kontinuierlichen berührungsfreien Messen
05 von Profilen, insbesondere von sich in axialer
Richtung bewegendenden Profilen, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t, daß Sonden, mit denen nach dem Tri-
angulationsprinzip mittels eines Laserlicht-Meßstrahls
ein Oberflächensegment eines Objektes in einem bestimm-
10 ten Meßbereich der jeweiligen Sonde sequentiell bzw.
punktweise nacheinander sowie mit variabler und vor-
einstellbarer Schrittweite bzw. Auflösung innerhalb
des Meßbereichs kontinuierlich abgetastet wird und
mit dem von der Objektoberfläche reflektierten und
15 von einem feststehenden Empfänger aufgenommenen
Strahl aufgrund der geometrischen Beziehungen der
Abstand jedes Meßpunktes zur Sonde in Form lokaler
Meßdaten bestimmt wird, in einer Halterung rings um
das Profil sowie im Abstand von diesem und derart
20 in vorbestimmten Winkellagen zueinander angeordnet
werden, daß dem Meßbereich jeder Sonde als Ober-
flächensegment ein Konturensegment des Profils
zugeordnet wird, wobei sich die Meßbereiche benach-
barter Sonden überlappen und die zu messende Gesamt-
25 kontur des Profils durch die Meßbereiche erfaßt
wird, und daß eine Systemkalibrierung mit einem
konturen- und maßgenauen Referenzwerkstück durch
Ermittlung der Sondenpositionen (drei Koordinaten,
zwei Abstrahlwinkel) in einem Referenzkoordinaten-
30 system vorgenommen wird und daß mit den Daten der
Systemkalibrierung, den vorgegebenen Solldaten
des Profils und den lokalen Meßdaten, die sich
als Schnittpunkt des Meßstrahls mit dem Objekt
ergeben, sowie mit einer Lageberechnung für das
35 zu messende Profil und über Koordinatentransforma-

tionen die Konturensegmente in ein globales Koordinatensystem übertragen und zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden.

- 05 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstrahlen der Sonden
in in Achsrichtung des Profils parallel versetzten Ebenen auf das Profil gerichtet und reflektiert werden.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden in gleich
großen Winkelschritten symmetrisch um das Profil angeordnet werden.
- 15 4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche
1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Profil insbesondere vor, ggfs. aber auch hinter
der Meßebene zwangsgeführt wird.
- 20 5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche
1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung der lokalen Meßdaten mit einer Hard-
ware, die Link Adapter, Transputereinheiten und
25 eine Transputer-Graphik umfaßt, in Parallelrechen-
technik erfolgt, wobei die verwendeten Softwaremodule
eine Profilbeschreibungsdatei, ein Referenzlagemodul
sowie Kalibriermodule und Scannerdaten umfassen.
- 30 6. Einrichtung zum Messen von Profilen, insbesondere
zur Durchführung eines Verfahrens nach einem oder
mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Meßeinrich-
tung sternförmig mit vorgewählter Winkellage zuein-
35 ander mehrere Sonden um eine Meßkammer angeordnet

- 27 -

sind und ihre Meßstrahlen im wesentlichen nach innen auf die Meßkammer richtbar sind, durch die das zu messende Profil axial hindurchbewegbar ist.

- 05 7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t, daß jede Sonde einem Sondenträger
zugeordnet und an diesem einstellbar zu befestigen
ist und die Sondenträger an der innenliegenden
Meßkammer befestigt sind.
- 10
8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7, g e k e n n -
z e i c h n e t durch abnehmbare Hauben, die mit bzw.
an den Sondenträgern im wesentlichen geschlossene
Sondenkammern bilden.
- 15
9. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche
6 - 8, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Meßkammer gegenüber den Sondenträgern durch
eine ringsum laufende Wandung mit Meßfenstern abge-
teilt ist.
- 20
10. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche
6 - 9, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Meßkammer zur Bildung eines Ringkanals zum
Hindurchführen strömungsfähiger Medien wie Kühlmitteln
doppelwandig ausgeführt ist.
- 25
11. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche
6 - 10, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß
unterhalb bzw. neben der Meßkammer zwischen zwei
Sondenträgern eine Wasserkammer mit Anschlüssen
angeordnet ist, von der aus dem Ringkanal der Meß-
kammer Kühlwasser im Kreislauf zugeführt wird.
- 30
12. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche
- 35

- 28 -

6 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ringeinsatz, der aus zwei im Meßbereich durch außerhalb der Meßstrahlen verlaufende Verbindungsrohre miteinander verbundenen Ringkammern zur Hinführung strömungsfähiger Medien wie Kühlwasser gebildet ist, im wesentlichen coaxial in die Meßkammer einführbar und dort befestigbar sowie mit Anschlüssen für die Zu- und Abführung von Strömungsmedien versehen ist.

10

13. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 - 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondenkammern an ein Belüftungssystem anschließbar sind, mit dem den Sondenkammern klimatisierte bzw. in vorgegebener Weise temperierte Luft zugeführt werden kann.

15

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zur Schaffung eines Belüftungssystems ein Gehäuse an die Einrichtung ansetzbar ist, das mit der die Meßkammer auf einer Stirnseite abschließenden bzw. umgebenden Stirnwand einen ringförmigen Luftkanal bildet, der über Einlaßöffnungen mit den Sondenkammern verbunden ist.

20

25

15. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 - 14, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere auf der dem Belüftungssystem abgewandten Seite der Einrichtung eine Abdeckung befestigbar ist.

30

16. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 - 15, dadurch gekennzeichnet, daß die sternförmige Anordnung der Sondenträger aus zwei im Abstand voneinander angeordneten und im

35

- 29 -

05

wesentlichen jeweils einen nabenförmigen Mittelteil und hiervon sternförmig ausgehende Arme umfassenden Platten gebildet ist, die mindestens mittig durch axiale Stege bzw. durch die Meßkammerwände starr miteinander verbunden sind.

1/22

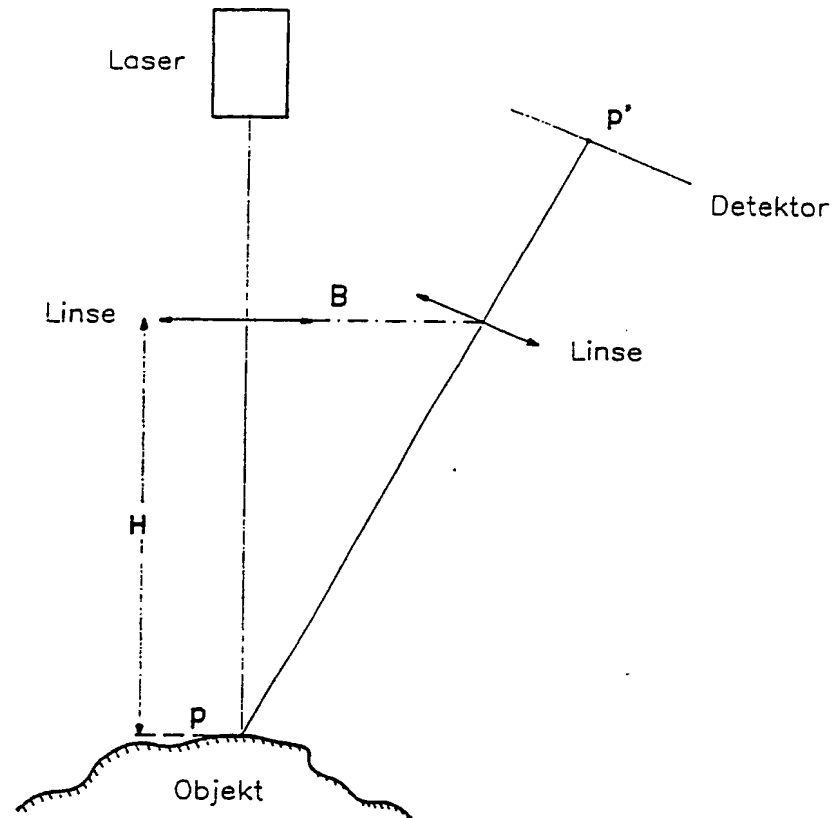


Fig. 1

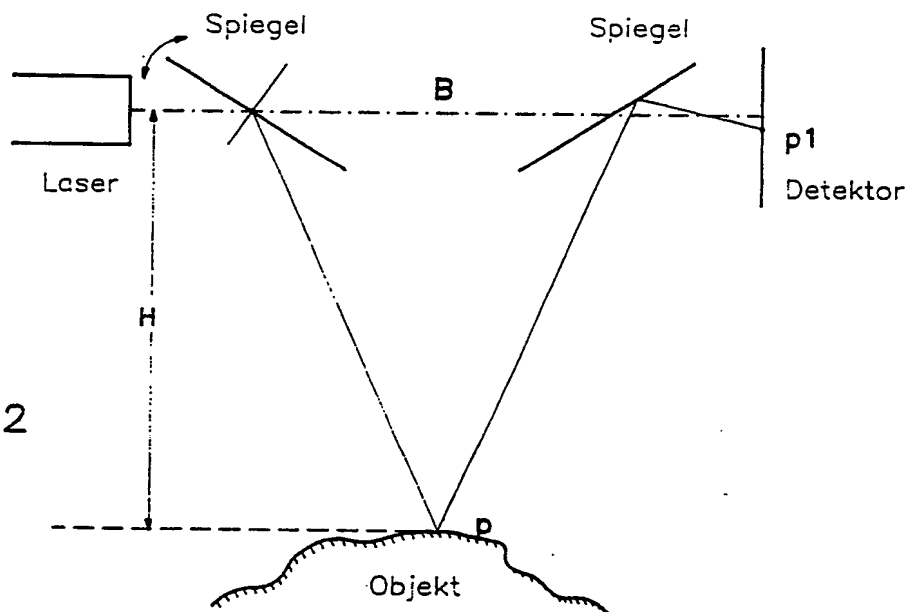


Fig. 2

2 / 2 2

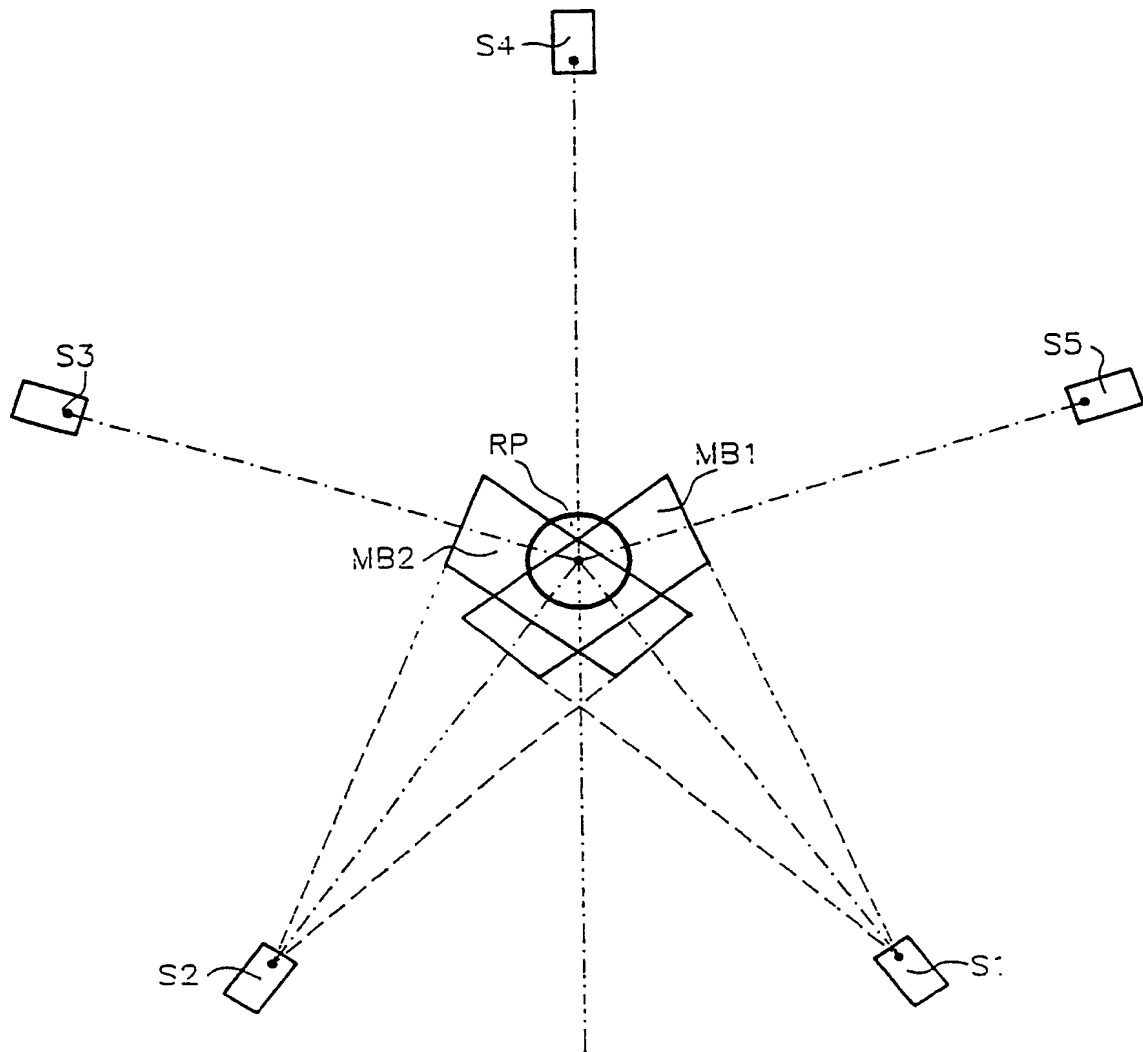


Fig. 3

3/22

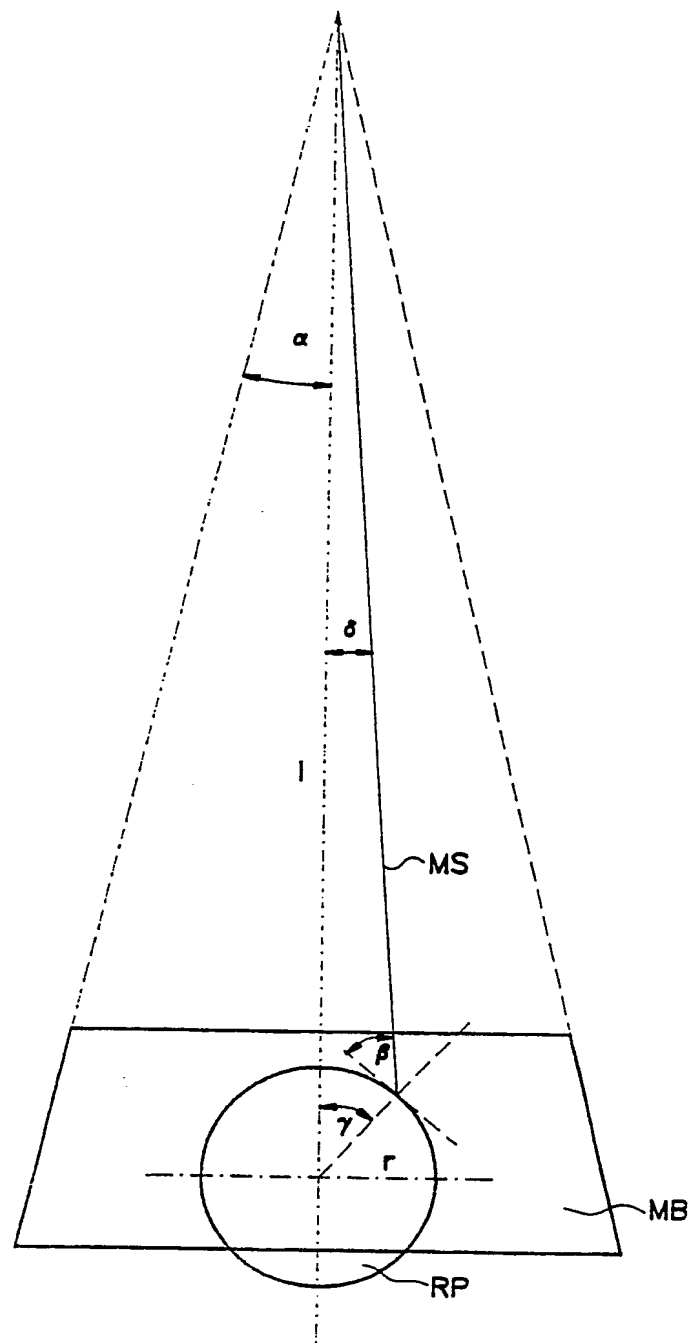


Fig. 4

4/22

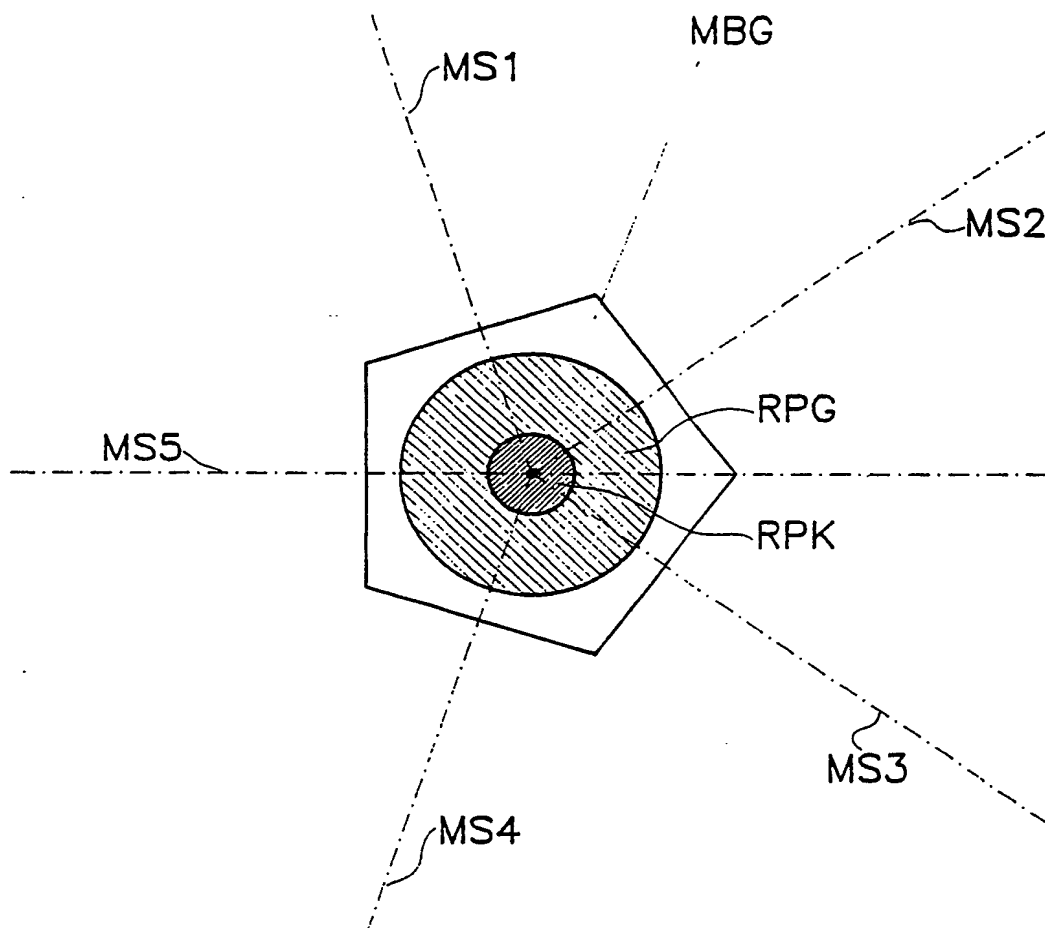


Fig. 5

5/22

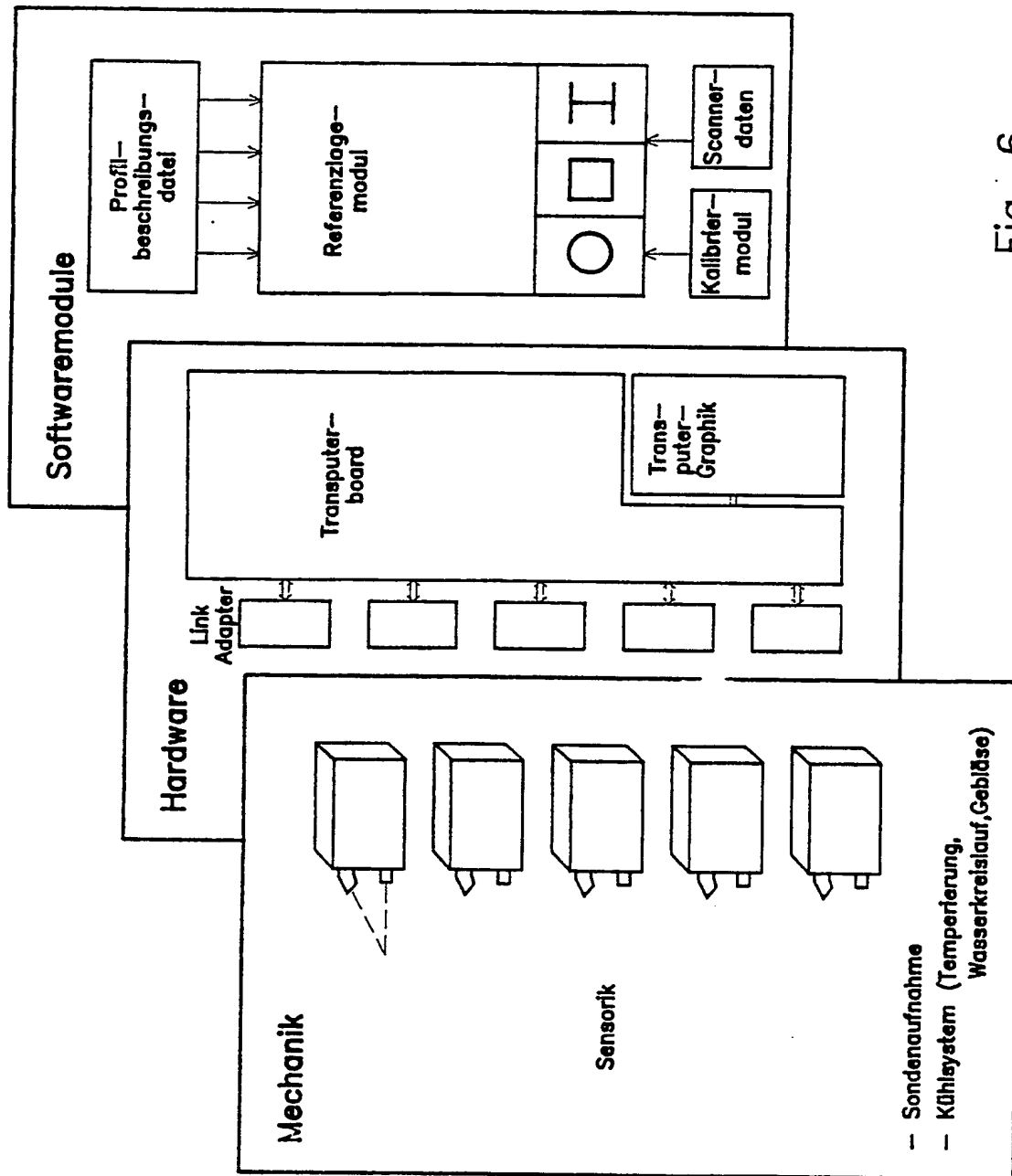


Fig. 6

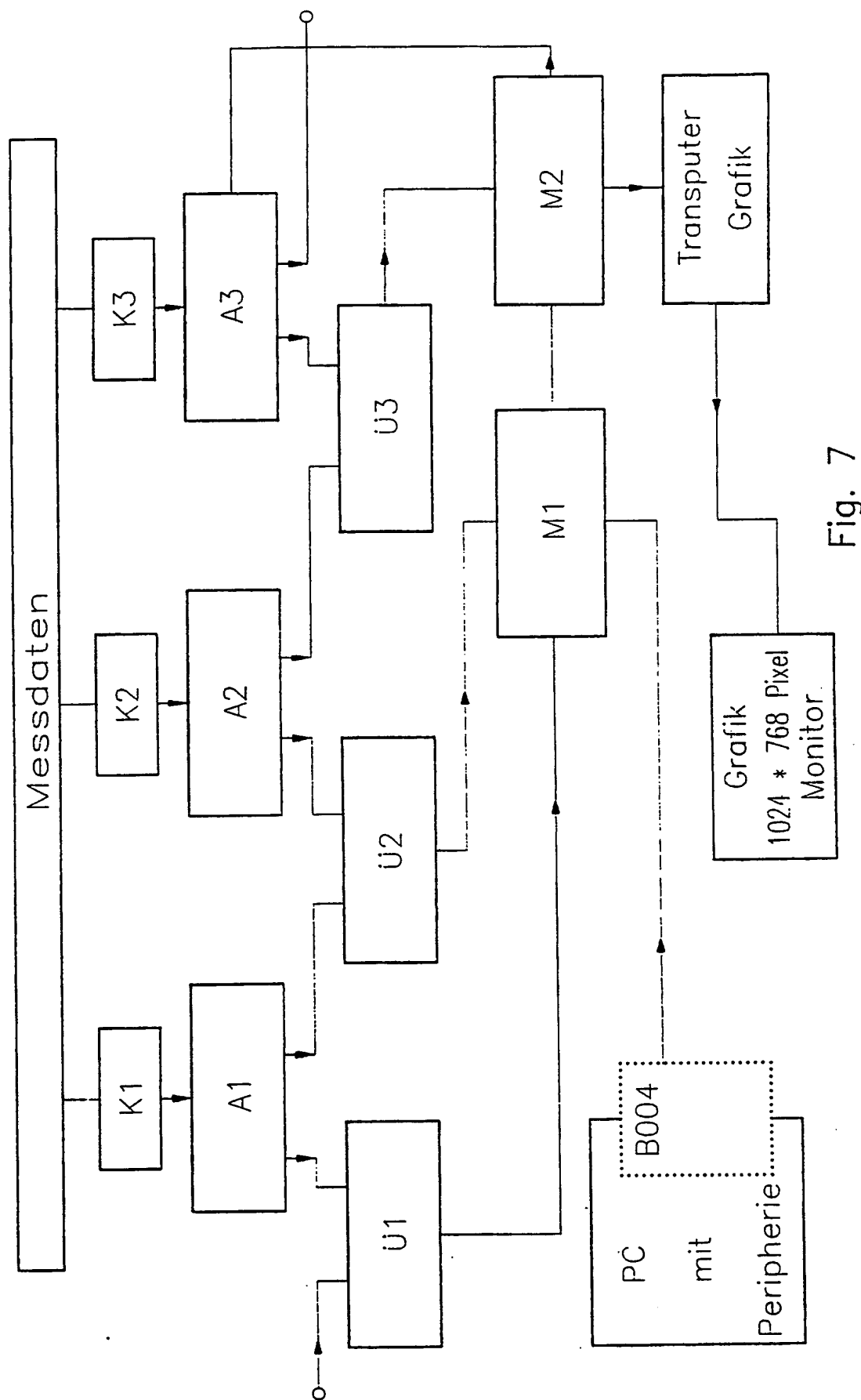


Fig. 7

7/22

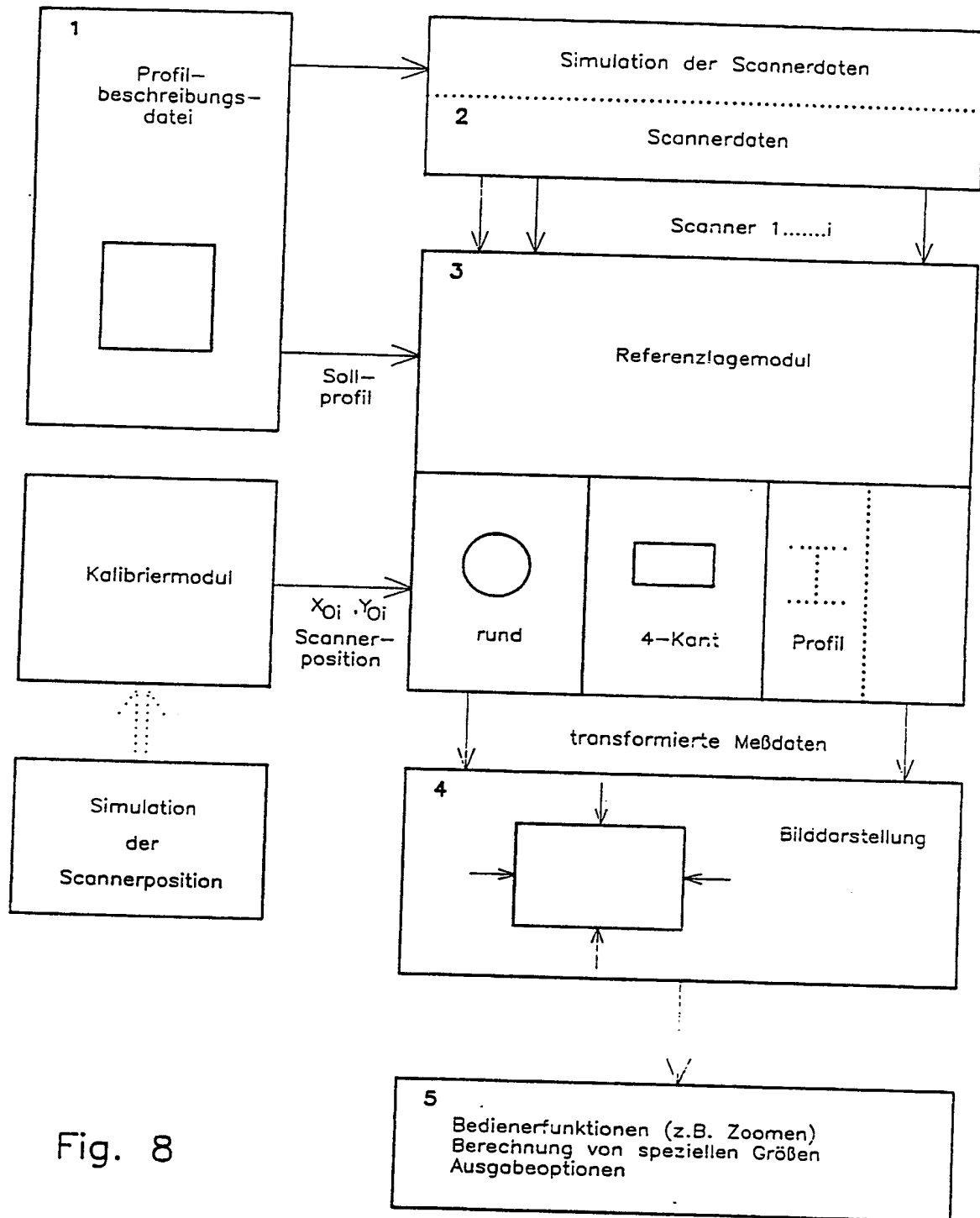
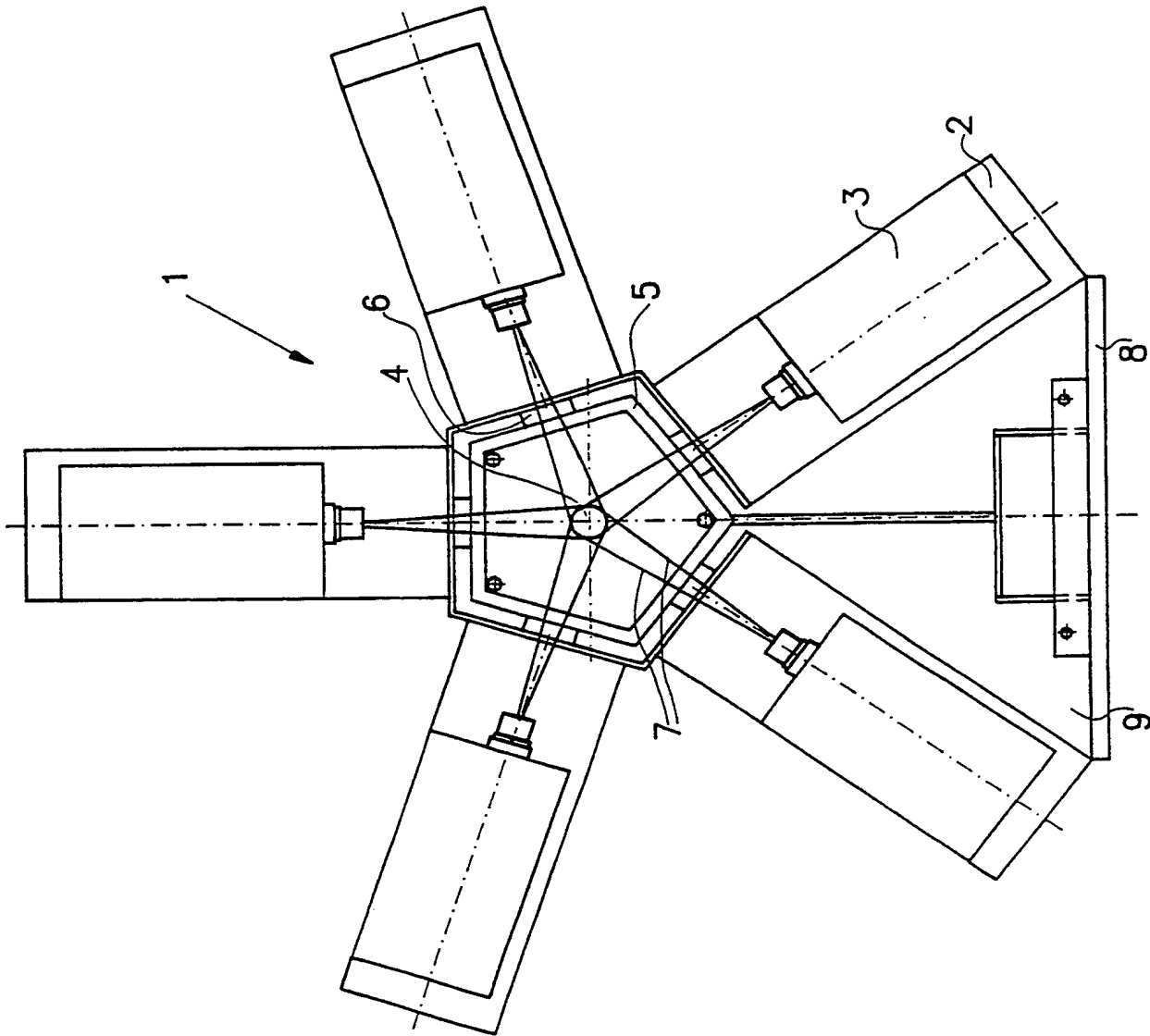
Software-Module für die Profilvermessung

Fig. 8

8/22

Fig. 9



9/22

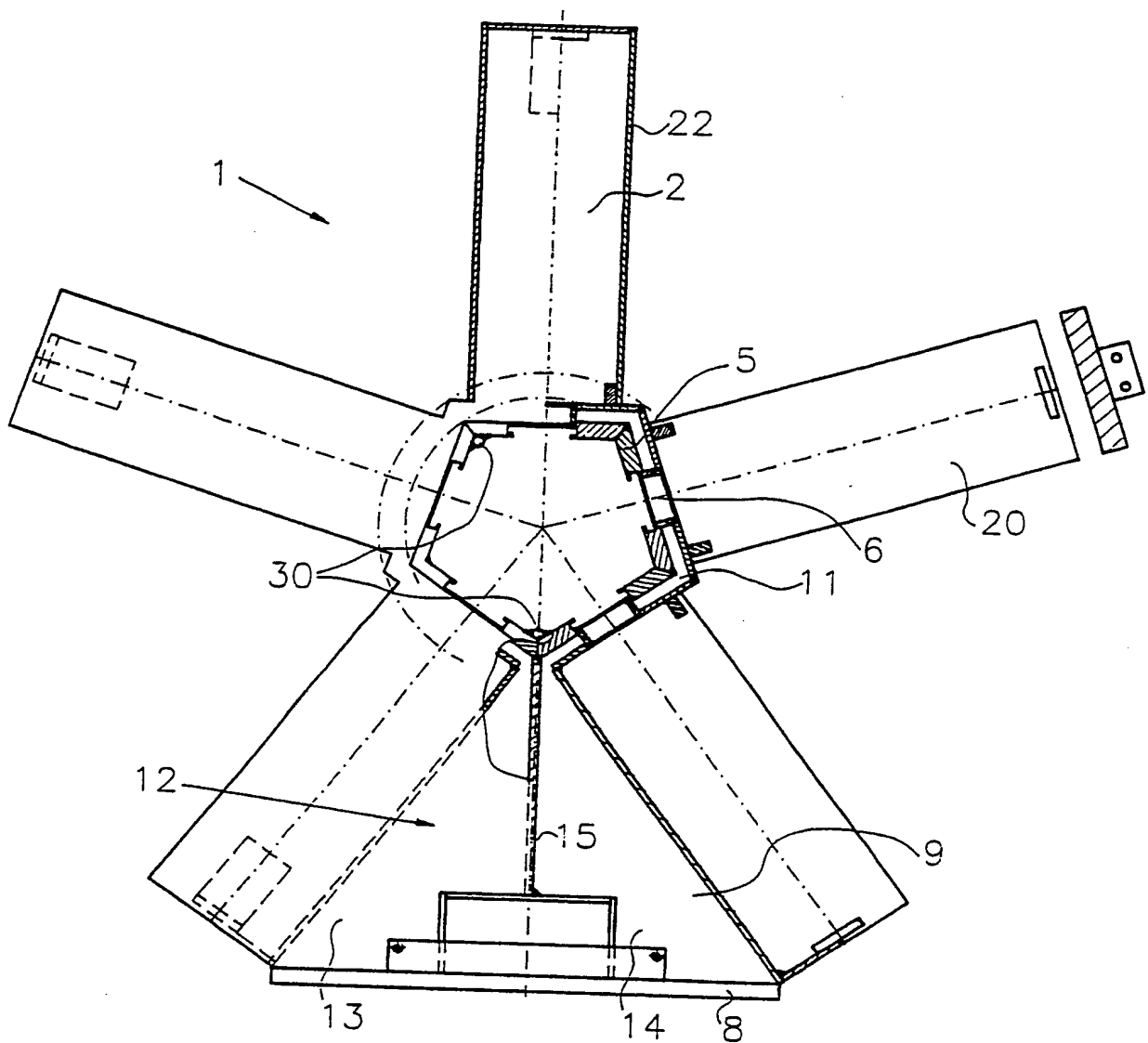
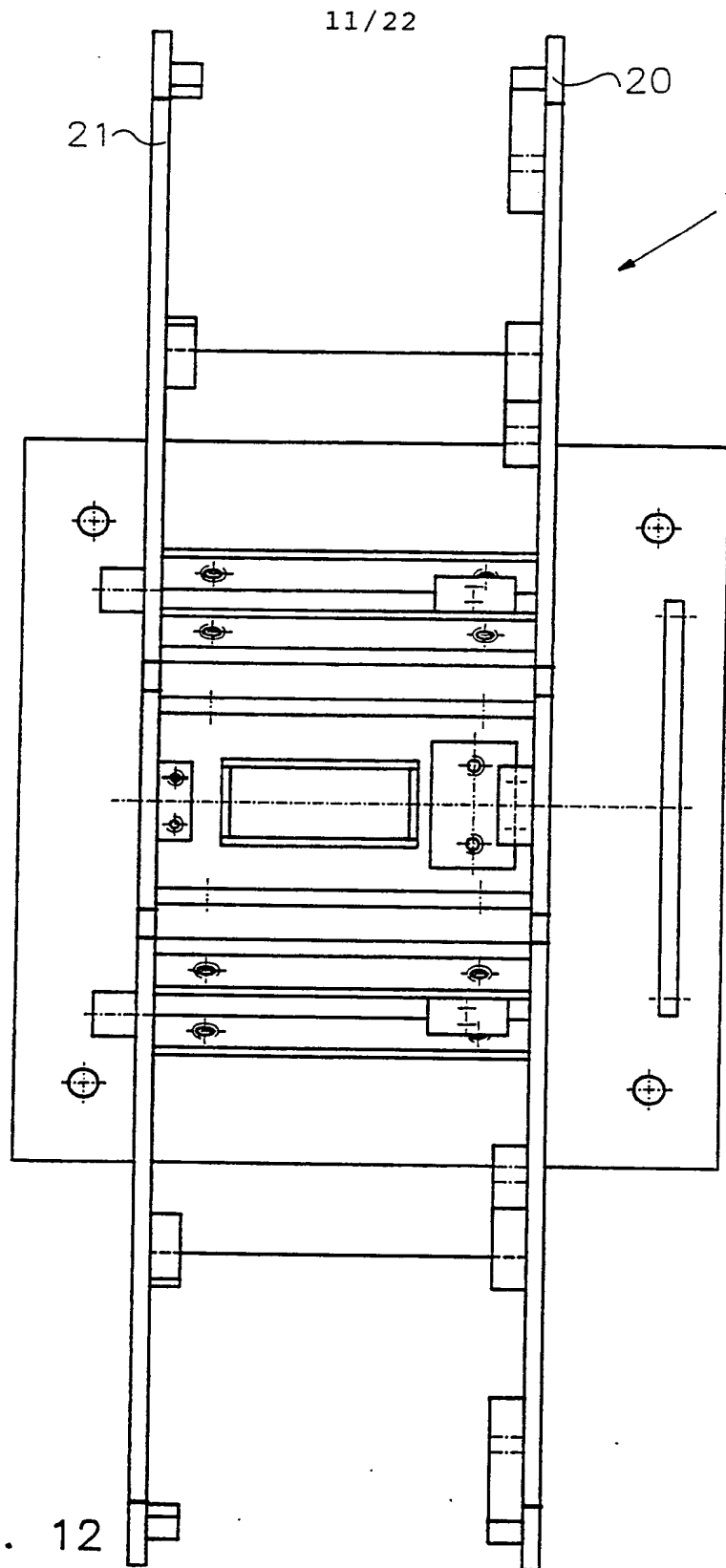


Fig. 10

Fig. 11



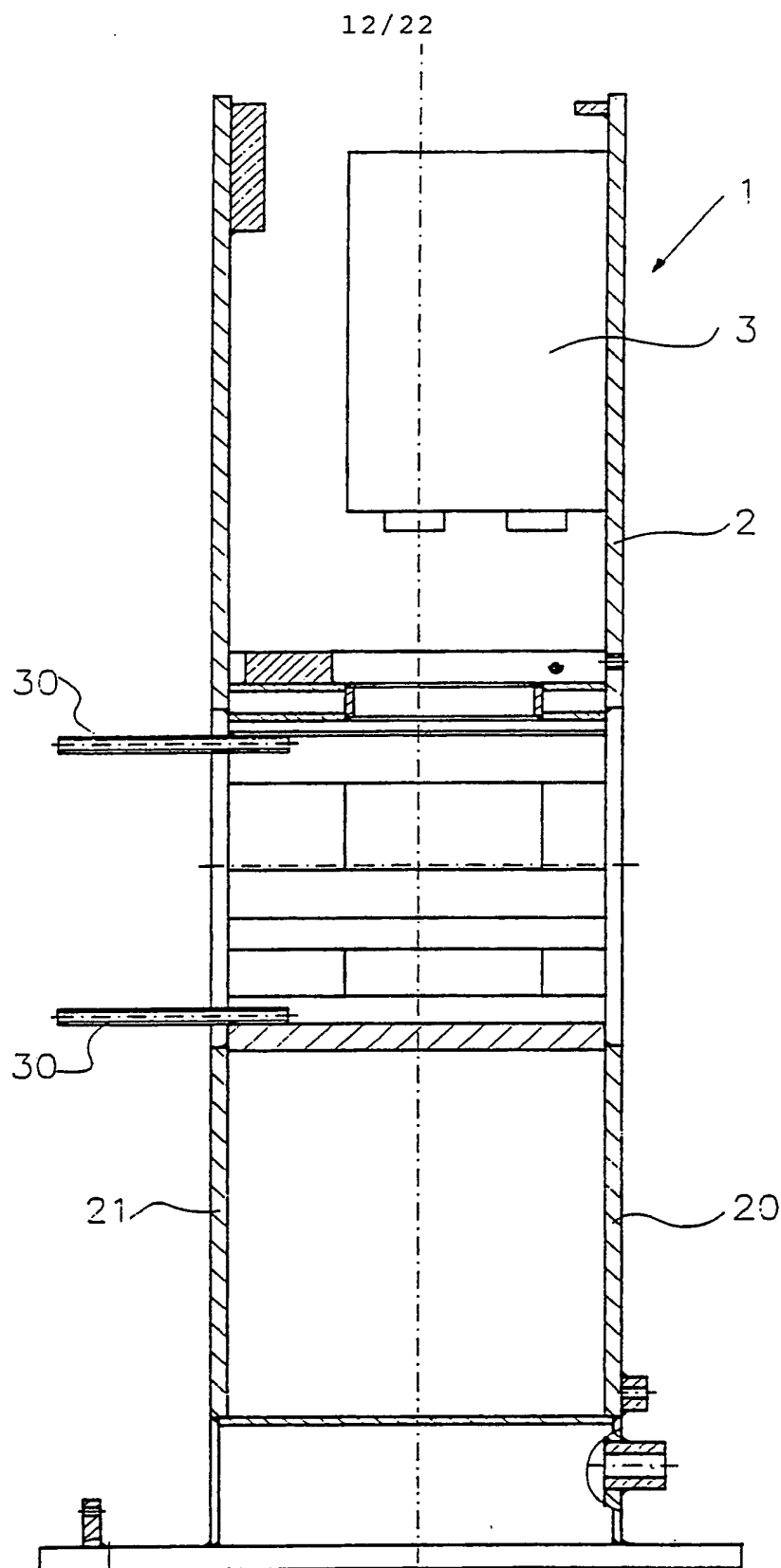
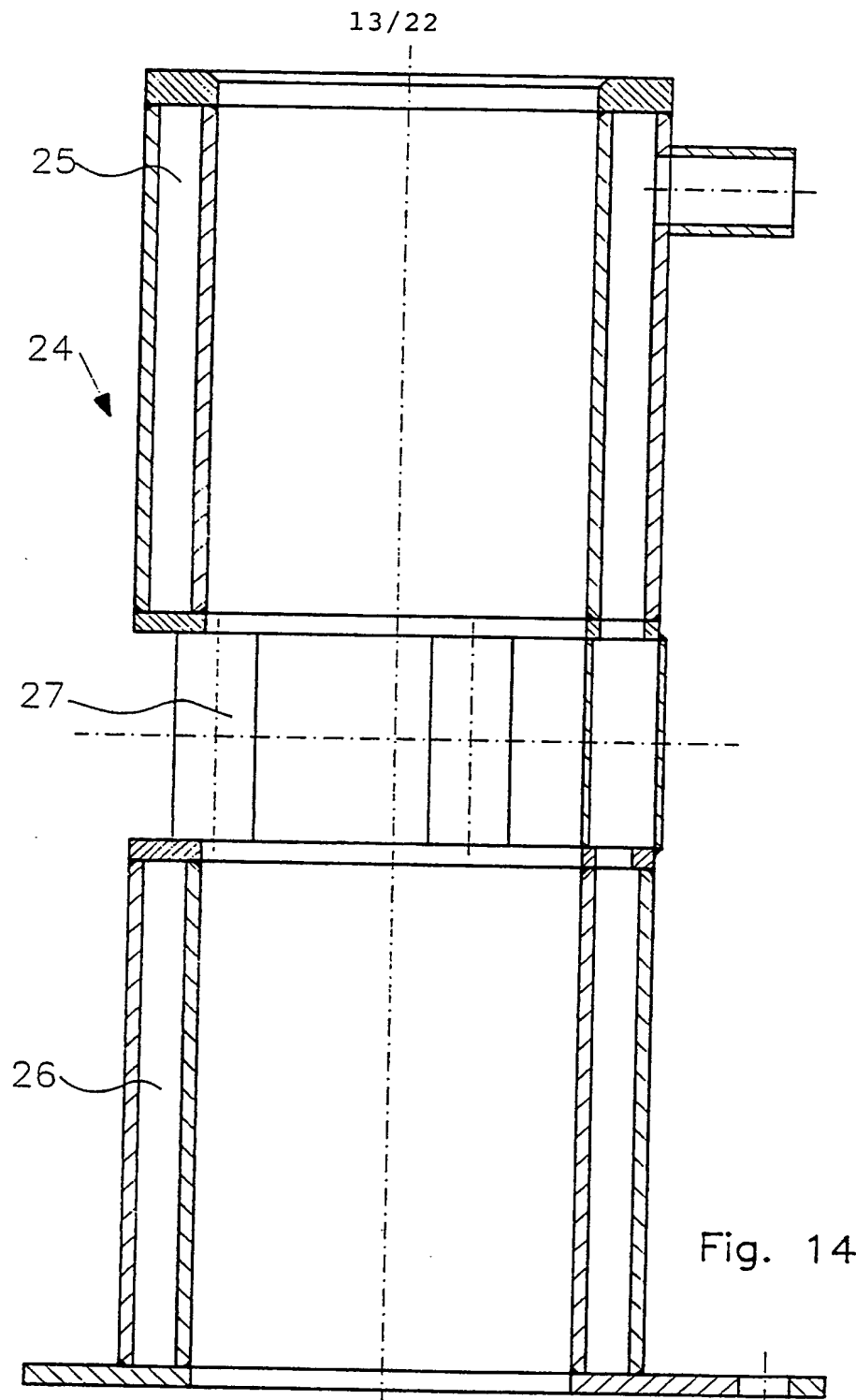


Fig. 13



14/22

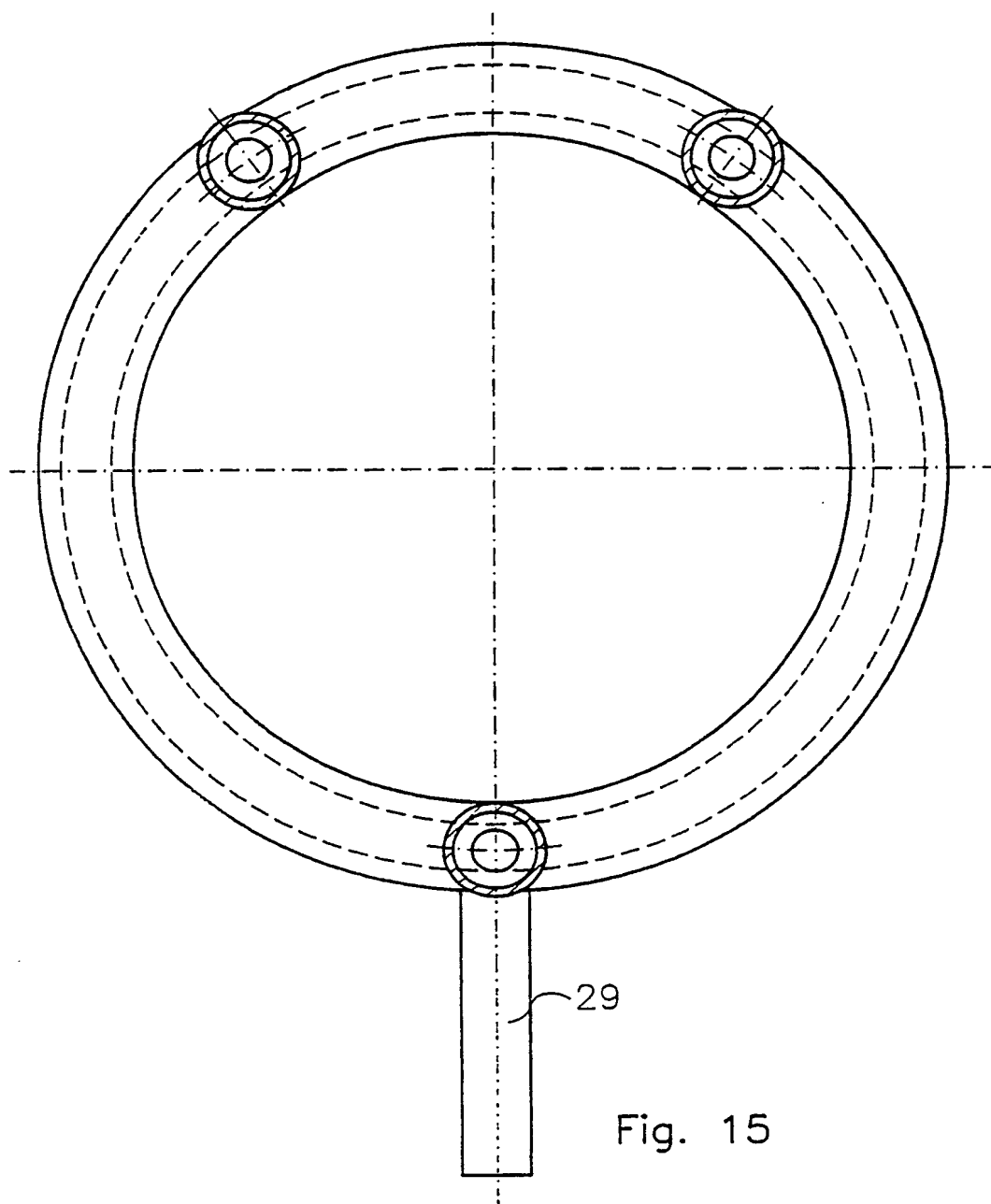


Fig. 15

15/22

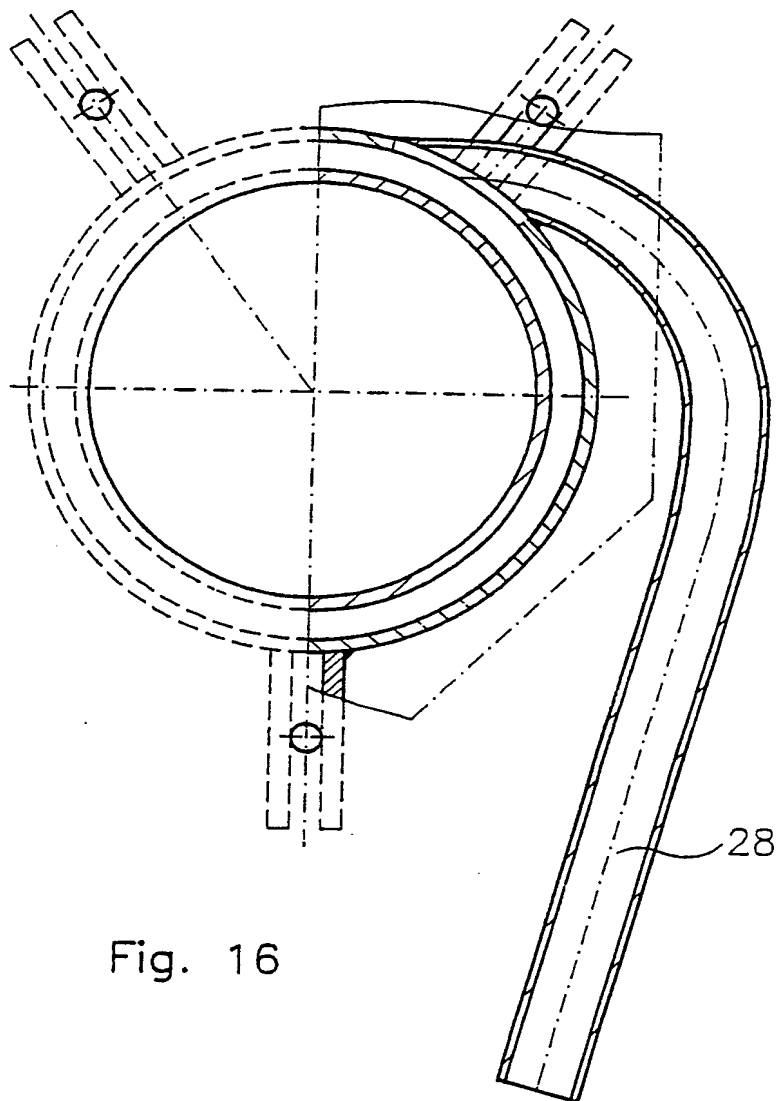


Fig. 16

16/22

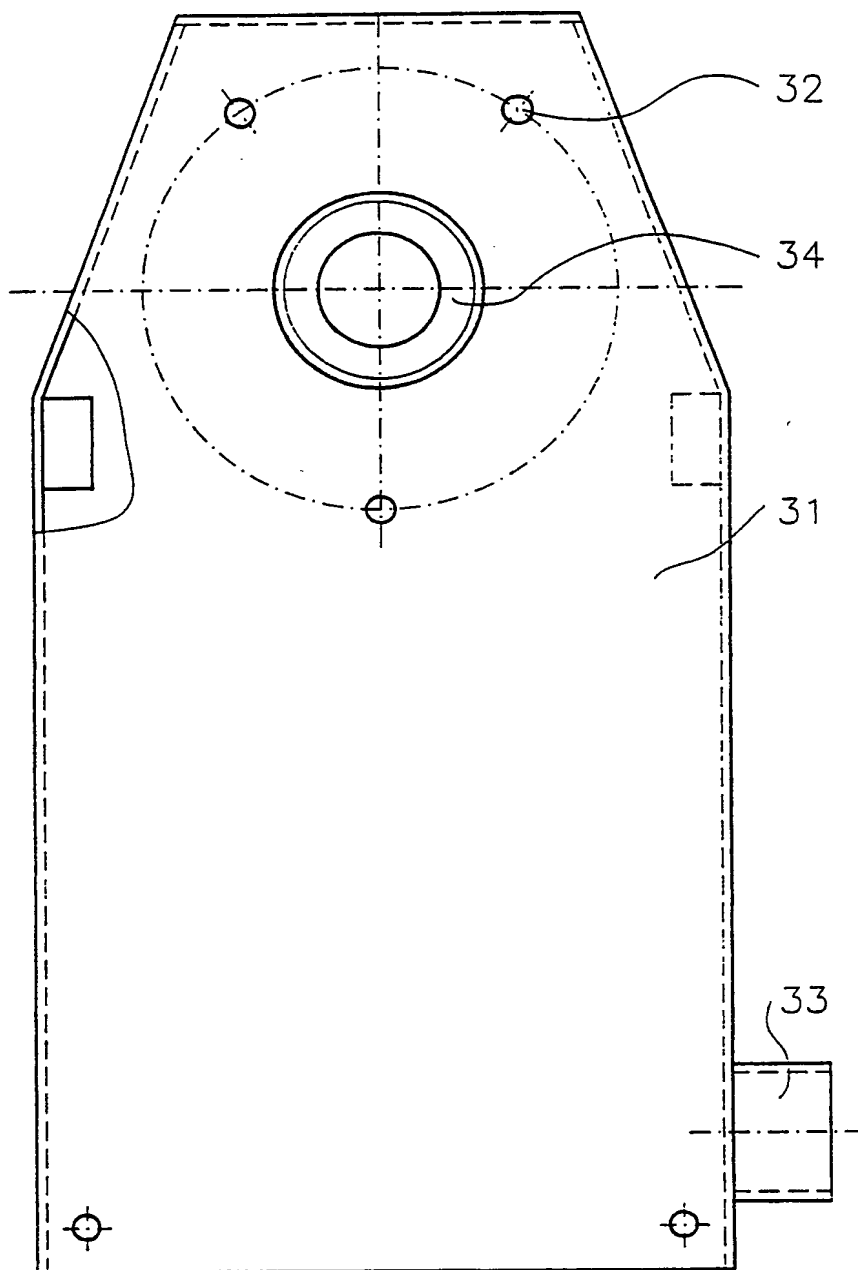


Fig. 17

17/22

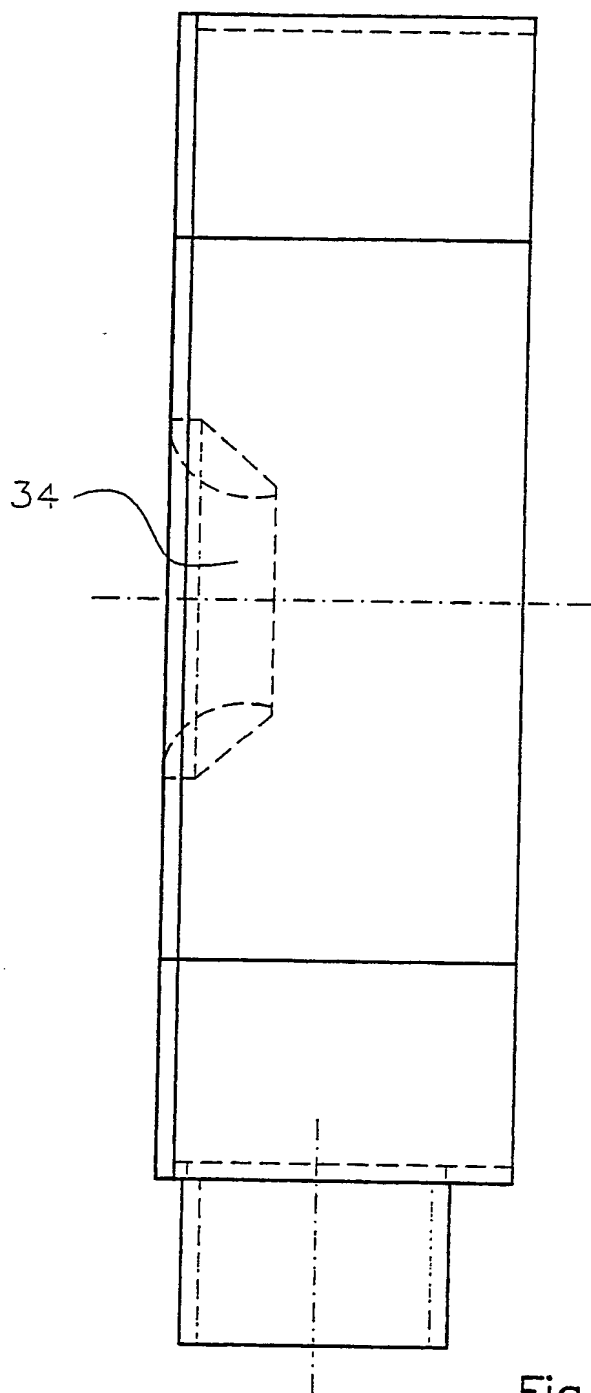


Fig. 18

18/22

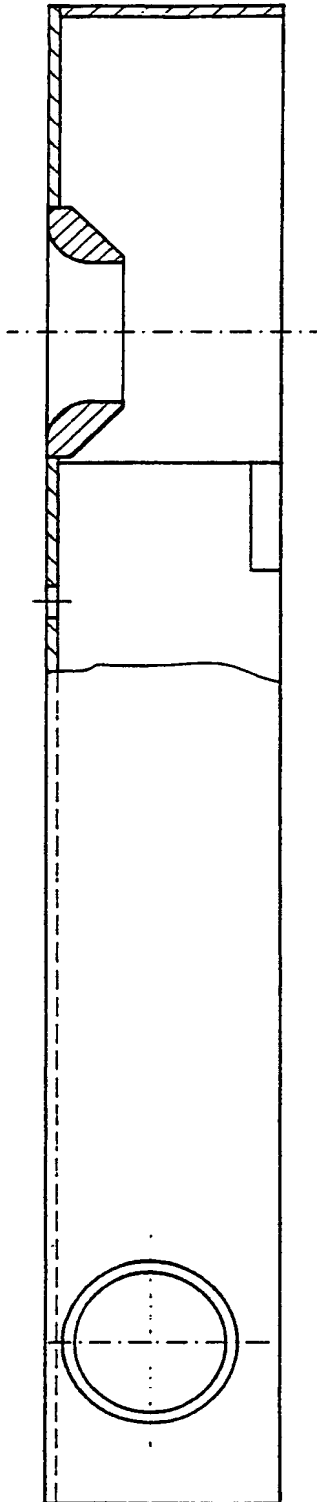


Fig. 19

19/22

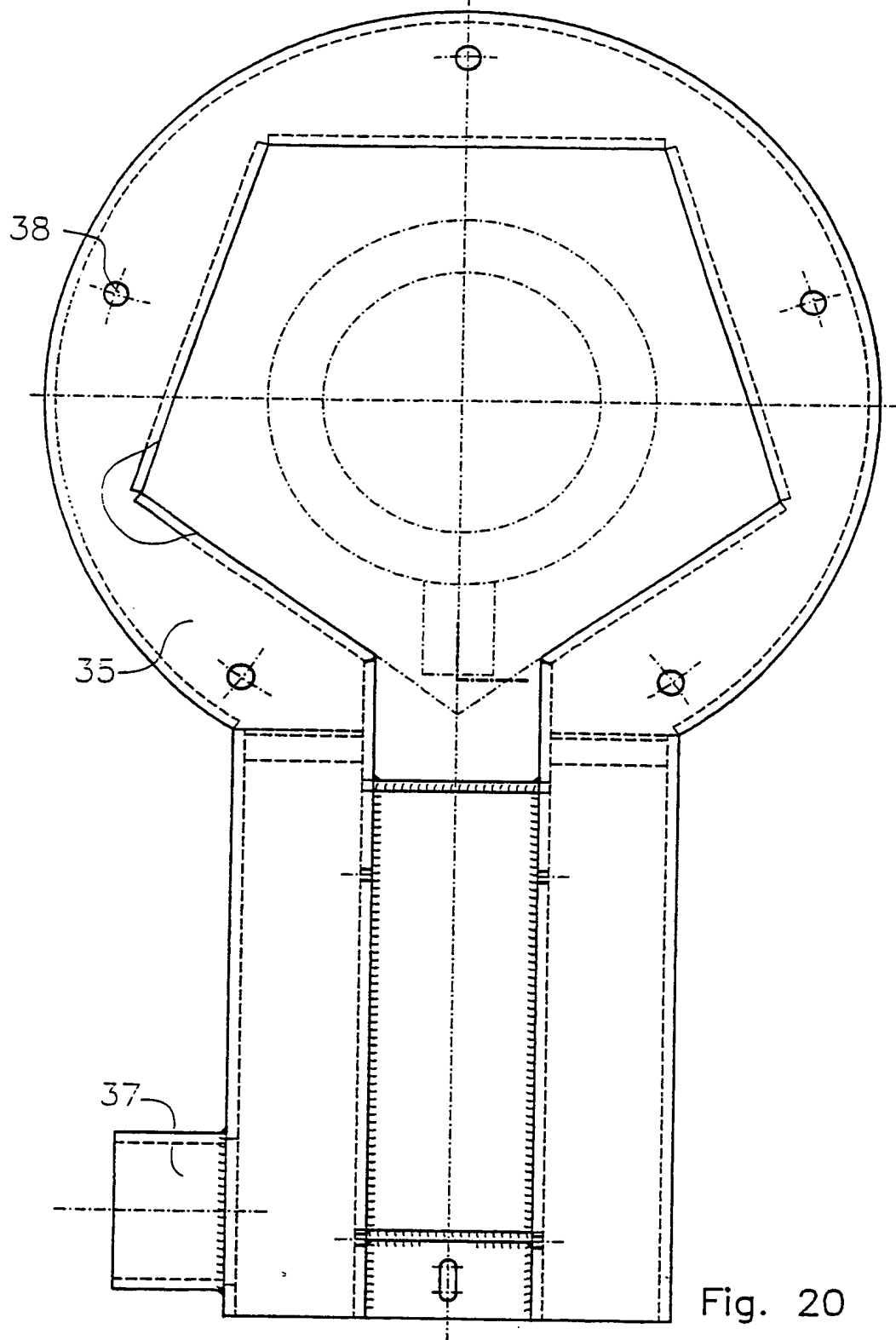


Fig. 20

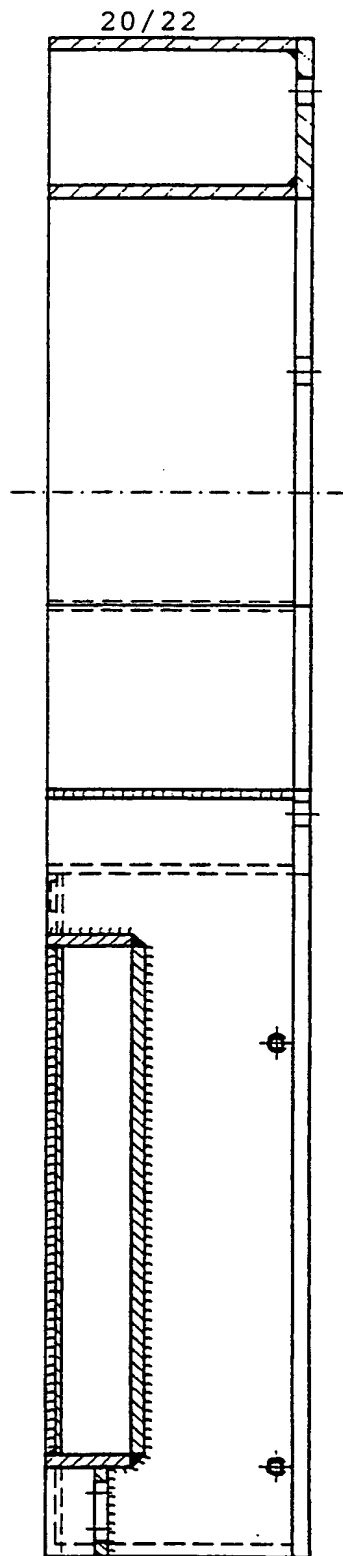


Fig. 21

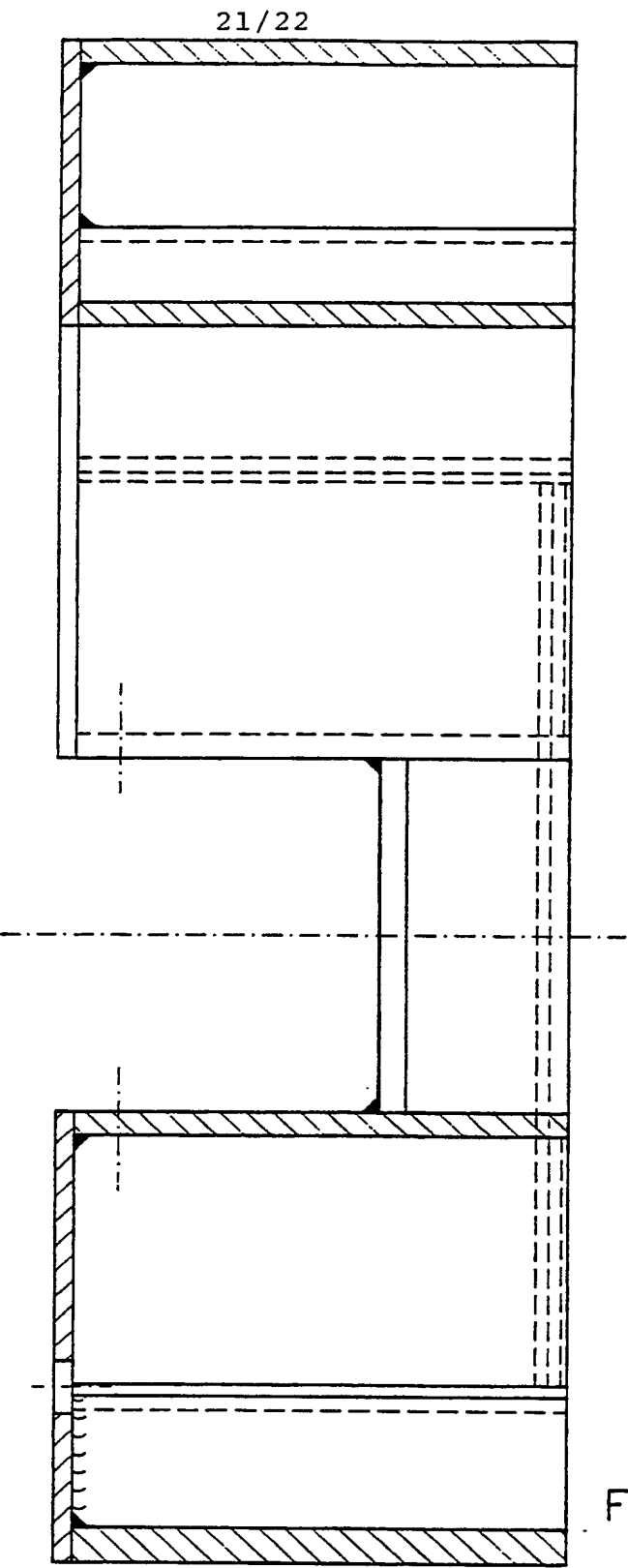


Fig. 22

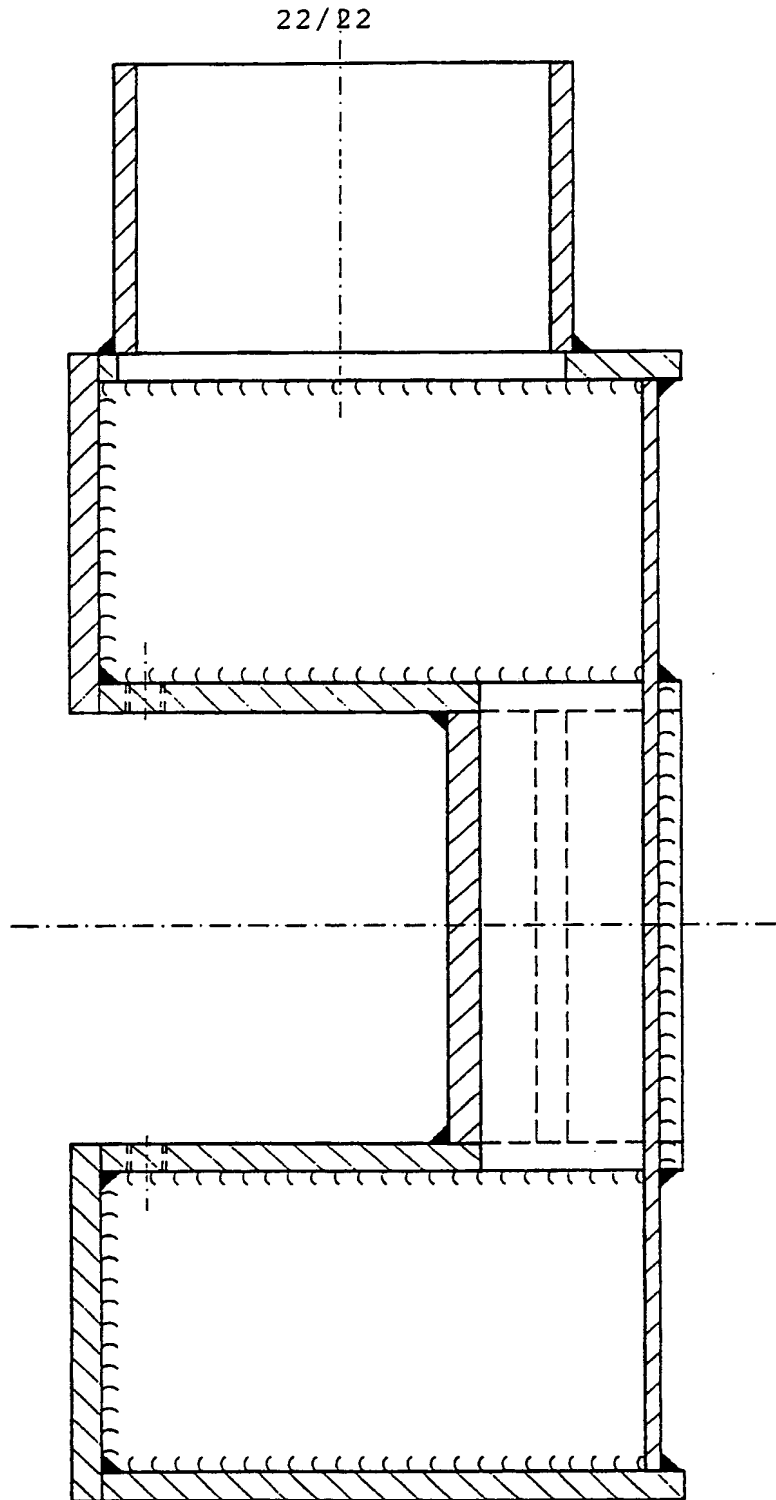


Fig. 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 91/02181

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.⁵ G01B11/24; G01B11/02; G01B11/00

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ⁷

Classification System	Classification Symbols
-----------------------	------------------------

Int.Cl. ⁵	G01B ; G12B
----------------------	-------------

Documentation Searched other than Minimum Documentation
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *

Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	EP,A,0039143 (BRAMES LTD; THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM) 04 November 1981	1-7
A	see page 3, paragraph 4 - page 8, paragraph 4; figures 1-6	8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol. 6, No. 248 (P-160) (1126) 7 December 1982 & JP,A,57144404 (SUMITOMO KINZUKO KOGYO K.K.) 7 September 1982 see abstract	1,2,5,6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol.9, No.72 (P-345) (1795) 2 April 1985 & JP,A,59203904 (SUMITOMO DENKI KOGYO K.K.) 19 November 1984, see abstract	1,3,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol.11, No. 15 (P-536) (2462) 16 January 1987 & JP,A,61191904 (NIREKO K.K.)	10

* Special categories of cited documents: ¹⁰

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

19 February 1992 (19.02.92)

Date of Mailing of this International Search Report

06 March 1992 (06.03.92)

International Searching Authority

EUROPEAN PATENT OFFICE

Signature of Authorized Officer

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	<p>26 August 1986 see abstract ---</p> <p>EP,A,0244163 (TOLE W.R.) 4 November 1987, see column 3, line 18 - column 4, line 17; figures 2-4 ---</p>	8,9
	<p>EP,A,0094463 (BETA INSTRUMENT CY.LTD.) 23 November 1983 see page 5, line 1 - page 6, line 3; figures 3,4 -----</p>	13,14

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**


EP 9102181
SA 53140

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 19/02/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0039143	04-11-81	WO-A- 8102927 GB-A, B 2083621	15-10-81 24-03-82
EP-A-0244163	04-11-87	None	
EP-A-0094463	23-11-83	GB-A, B 2123550	01-02-84

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

I. KLASSEFIZKATION DES ANMELDUNGS-GE-GENSTANDS (bei mehreren Klassifizierungssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int.Kl. 5 G01B11/24; G01B11/02; G01B11/00		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifizierungssystem	Klassifizierungssymbole	
Int.Kl. 5	G01B ; G12B	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	EP,A,0 039 143 (BRAMES LTD; THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM) 4. November 1981	1-7
A	siehe Seite 3, Absatz 4 - Seite 8, Absatz 4; Abbildungen 1-6	8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 248 (P-160)(1126) 7. Dezember 1982 & JP,A,57 144 404 (SUMITOMO KINZUKO KOGYO K.K.) 7. September 1982 siehe Zusammenfassung	1,2,5,6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 72 (P-345)(1795) 2. April 1985 & JP,A,59 203 904 (SUMITOMO DENKI KOGYO K.K.) 19. November 1984 siehe Zusammenfassung	1,3,6
-/-		
<p>¹⁰ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"A" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
19. FEBRUAR 1992	06.03.92	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	VISSER F. 	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11, no. 15 (P-536)(2462) 16. Januar 1987 & JP,A,61 191 904 (NIREKO K.K.) 26. August 1986 siehe Zusammenfassung ---	10
A	EP,A,0 244 163 (TOLE W.R.) 4. November 1987 siehe Spalte 3, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 17; Abbildungen 2-4 ---	8,9
A	EP,A,0 094 463 (BETA INSTRUMENT CY. LTD.) 23. November 1983 siehe Seite 5, Zeile 1 - Seite 6, Zeile 3; Abbildungen 3,4 ---	13,14

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9102181
SA 53140

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 19/02/92.
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19/02/92

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0039143	04-11-81	WO-A- 8102927 GB-A, B 2083621	15-10-81 24-03-82
EP-A-0244163	04-11-87	Keine	
EP-A-0094463	23-11-83	GB-A, B 2123550	01-02-84

EPO FORM P0013

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

